



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Estudio de los procesos de remoción en masa entre Tuxpan
y Palma Sola, Ver.**

Tesis que para obtener el título de

INGENIERO GEÓLOGO

**PRESENTA: ARTURO RICARDO
ROJO CONTRERAS**

Director de Tesis: M. en C. Gilberto Silva Romo

2006





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
60-I-013

SR. ARTURO RICARDO ROJO CONTRERAS
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M. en C. Gilberto Silva Romo y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

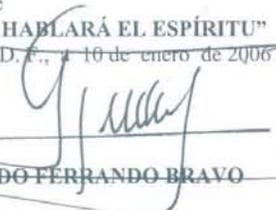
ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA ENTRE TUXPAM Y PALMA SOLA, VER.

- RESUMEN
 - I INTRODUCCIÓN
 - II MARCO GEOGRÁFICO
 - III MARCO GEOLÓGICO
 - IV GEOMORFOLOGÍA
 - V ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS QUE PRESENTAN REMOCIÓN EN MASA
 - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA
ANEXO: MAPA GEOLÓGICO Y DE ZONIFICACIÓN A ESCALA 1:250,000

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D. F., 10 de enero de 2006
EL DIRECTOR


M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB/JAGC*gtg


AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que intervinieron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

A toda la banda de la preparatoria: Armando, Butrón, Bimbo, el Uva, y los demás en honor de lo que hicimos y deshicimos durante nuestra estancia en la gloriosa E. N. P. “Justo Sierra”, así como a mis profesores de aquella etapa en especial al profesor Arenas (q. e. p. d.) y al profesor Marina que espero todavía este con nosotros.

A toda la banda del Anexo de Ingeniería: Pancho, Pepe, Odette, Engeles, Cocoltzin, Paola, Benito Bodoque, Buenaventura con quienes forje una gran amistad.

A todos los camaradas de la carrera: Paquito del Barrio, Valentín, el Cuervo, mi Primo, Petrovic, Augusto con quienes sude en campo, en gabinete, en materias o que ni siquiera eso tuvimos en común.

A mis hermanos “Bros” geofísicos, Caliega, Chesquis, Sergio, Cesarín, Ismael, Adrián, así como los compadres.

A todos mis profesores, con especial estima al M. en C. Gilberto Silva Romo, la Ing. Claudia Cristina Mendoza Rosales, el Dr. Baldomero Carrasco, el Ing. Héctor Luis Macías, la Ing. María de la Paz Hernández, el Ing. Javier Arellano, Ing. Dionisio Valdez, Dr. Dante Moran y el Ing. José Luis Jiménez por la forma de transmitir sus conocimientos en clase y fuera de ella.

Al señor Adán Castro Flores por su apoyo en la digitalización y edición del mapa, además de transmitir sus conocimientos en el uso de Autocad y ser un gran amigo.

A mis padres, hermanos y al monstruo horrible y feo “Canica” por aguantarme y apoyarme durante todos los años de mi existencia.

A mis amigos compañeros y profesoras del curso de ruso., en especial a Ángeles Cervantes, Normuchka y Anna.

Эту работу я посвящу Арасели, потому что она помогала мне много раз и она моё дыхание.



ÍNDICE

Resumen	1
Introducción	2
Objetivos	3
Metodología	4
Antecedentes	8
Localización	9
Vías de comunicación	10
Clima y vegetación	12
Marco Geográfico	13
Orografía	13
Lomeríos	13
Montañas	14
Planicies bajas	14
Litoral	14
Hidrografía	15
Marco Geológico	17
Estratigrafía	17



Rocas sedimentarias	17
Formación Guayabal	18
Formación Tantoyuca	19
Formación Escolín	20
Formación Tuxpan	21
Conglomerado Gutiérrez Zamora	22
Rocas ígneas	23
Intrusivo Espaldilla	23
Unidad Juchique	24
Unidad Colipa	24
Basalto Santa Ana	25
Basalto Poza Rica	25
Basalto San Rafael	26
Toba Los Faisanes	26
Lahar Misantla	26
Depósitos recientes	27
Depósitos de talud	27
Terrazas	27
Depósitos aluviales	27
Depósitos litorales	27
Depósitos lagunares	28
Depósitos eólicos	28
Geología Estructural	28
Anticlinal Coapeche	28



Troncos	29
Derrames	29
Volcán escudo	29
Domos	29
Conos Cineríticos	29
Geomorfología	30
Regionalización	30
Tipos de Relieve en el área	33
Sedimentario	34
Ígneo	34
Fluvial	35
Litoral	35
Eólico-marino	36
Zonificación de las áreas que presentan remoción en masa	38
Definiciones de los procesos de remoción en masa	40
Zonificación de los procesos de remoción en masa en la zona	41
Desprendimientos	42
Vuelcos	43
Deslizamientos	43
Flujos	43
Expansiones laterales	44
Movimientos complejos	44



Conclusiones y Recomendaciones	45
---------------------------------------	-----------

Bibliografía	47
---------------------	-----------

Anexo: Mapa de Zonificación de los Procesos de Remoción de Masa

Índice de Figuras:

Figura No. 1 Localización del área en la República Mexicana	2
Figura No. 2 Área de cobertura de las ortofotos en la zona de estudio	5
Figura No. 3 Área de cobertura de los mapas de INEGI a escala 1:50,000 en la zona de estudio	7
Figura No. 4 Provincias Fisiográficas para la República Mexicana	9
Figura No. 5 Mapa de vías de comunicación	11
Figura No. 6 Cuencas mayores en el área de estudio	16
Figura No. 7 Provincias Geomorfológicas para la República Mexicana	30
Figura No. 8 Subprovincias para el Estado de Veracruz	32



R E S U M E N

En este trabajo se presenta un mapa donde se identifican los distintos lugares que sufren procesos de remoción en masa, entre el río Tuxpan y el poblado de Palma Sola con un cubrimiento de aproximadamente 25 Km de ancho de la línea de costa hacia el continente. En este mapa se identifican los procesos de remoción siguiendo la clasificación que propone EPOCH (1993). Esta identificación se realizó por medio del análisis de fotografías aéreas y ortofotografías, recurso que permite apreciar los tipos de procesos que afectan al área.

Se identificaron seis tipos de procesos: 1) Extensión lateral, las cuales predominan en el Norte mientras que en el Centro y en el Sur este proceso se presenta con poca intensidad; 2) Flujos, se manifiestan claramente en la zona Centro y Norte en grandes extensiones, mientras que en el Sur se presentan pocos casos con extensiones pequeñas; 3) Deslizamientos, los cuales se presentan principalmente en el sector Norte y Sur; 4) Desprendimientos, estos se presentan predominantemente en el Sur del área, tendiendo zonas amplias en donde se presentan estos procesos, mientras que en el sector Norte y Centro del área se presentan en pequeñas zonas; 5) Vuelcos, los cuales son privativos de la zona Sur, cubriendo grandes extensiones; 6) Movimientos complejos, se presentan en la zona centro y norte del área cubriendo grandes extensiones.

Este trabajo únicamente delimita las áreas de riesgo, su valoración requiere estudios de estabilidad de taludes y pruebas de mecánica de suelos y de rocas sobre todo en zonas urbanas y de caminos, pues se tiene la posibilidad de que afecten vialidades y poblados establecidos, además para prevenir en caso de que se deseen realizar urbanizaciones.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se propuso a partir de los contrastes morfológicos que se observan entre la región de Tuxpam y la región de Palma Sola en Veracruz durante los trabajos correspondientes a los proyectos cartográficos elaborados por la UNAM para PEMEX “Barra de Nautla” y “Barra Cazones” en los cuales participó el autor. (Figura No. 1).

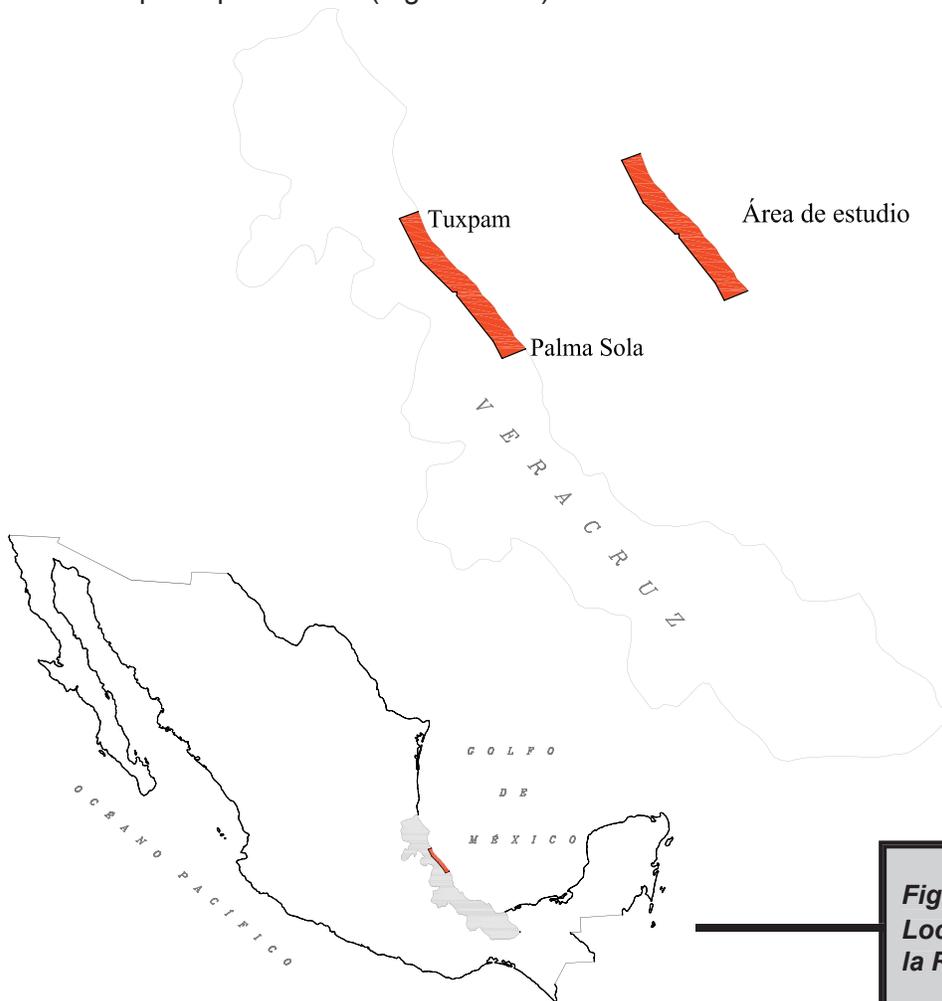


Figura No. 1.
Localización del área en
la República Mexicana

Los procesos de remoción en masa son los movimientos de ladera en donde una cantidad de rocas, suelo o sedimentos se mueven por medio de la gravedad a través de un mecanismo de deslizamiento, de desprendimiento, de vuelcos, de extensiones laterales, de flujos o la combinación de más de uno de éstos, según las características de los materiales que son afectados y con agentes que ayudan a las fallas como son el hielo, el agua, siendo este último el que se presenta en el área de estudio.

Existen varias clasificaciones para identificar los procesos de remoción en masa, este trabajo se realizó desde el punto de vista geomorfológico, por lo que la clasificación usada es la que se aplica a la geomorfología.

Objetivos

Realizar la zonificación geomorfológica con énfasis en los procesos de remoción en masa que presentan las Provincias Geomorfológicas Planicie Costera del Golfo y Cinturón Neovolcánico Transversal entre Tuxpan y Palma Sola, Ver.

Los objetivos del trabajo son:

- Reconocer los factores que condicionan el fenómeno de remoción en masa en el área.
- Elaborar un mapa geomorfológico a escala 1:250,000 de la región comprendida entre Tuxpan y Palma Sola Ver.

Metodología

En la elaboración de esta tesis se realizaron las siguientes actividades:

1. Análisis de la información antecedente tanto del tema como de la conformación geológica de la región.
2. Análisis geomorfológico del área con base en los mapas geológicos previos, sobre todo los elaborados como conclusión de los Estudios Geológicos “Barra de Nautla” y “Barra de Cazones”.
3. Reconocimiento de las geoformas expuestas y de las zonas afectadas por remoción en masa en el área, con base en el análisis de los mapas topográficos a escala 1:50,000 correspondientes a la región estudiada y al estudio geomorfológico y fotogeológico del área. Las fotografías aéreas utilizadas, fueron: con escala 1:37,500 de la zona F14, L357 (2-6, 8-9), L358 (2-8, 5-9), L359 (2-9, 2-9, 2-3), L360 (2-9, 2-9, 6-9), L361 (1-9, 2-9, 2-6), L362 (2-6, 2-9, 4-9), L363 (3-4, 2-9, 2-6), L364 (2-5, 2-8), L365 (2-4, 2-9), L372 (2-6), L366 (2-9, 7-9), L367 (2-9, 2-5), L368 (2-5, 3-9) y L369 (1-4, 2-8); de la zona E14, L10A (2-9), L11A (14-18), L373 (2-4, 5-9) y L374 (6-9, 3-9); y con escala 1:75,000 de la zona E14, L185 (1-3), L186 (1-5), L187 (14-17), L188 (2-7) y; de la zona F14, L187 (2). Finalmente se delimitaron las zonas donde el suelo o la roca presentaban deslaves o posibles deslaves.
4. Transferencia de las zonas identificadas en donde ocurren los procesos de remoción en masa a las ortofotos correspondientes dentro del área de estudio. El formato de las ortofotografías es de áreas cuadradas de 15 kilómetros por lado (con excepción de la ortofotografía no. 12 cuyas dimensiones son: 15 x 21 kilómetros); la ubicación de las ortofotos esta referida en coordenadas UTM Se utilizaron total o parcialmente 32 ortofotografías como se muestra en la Figura No. 2.

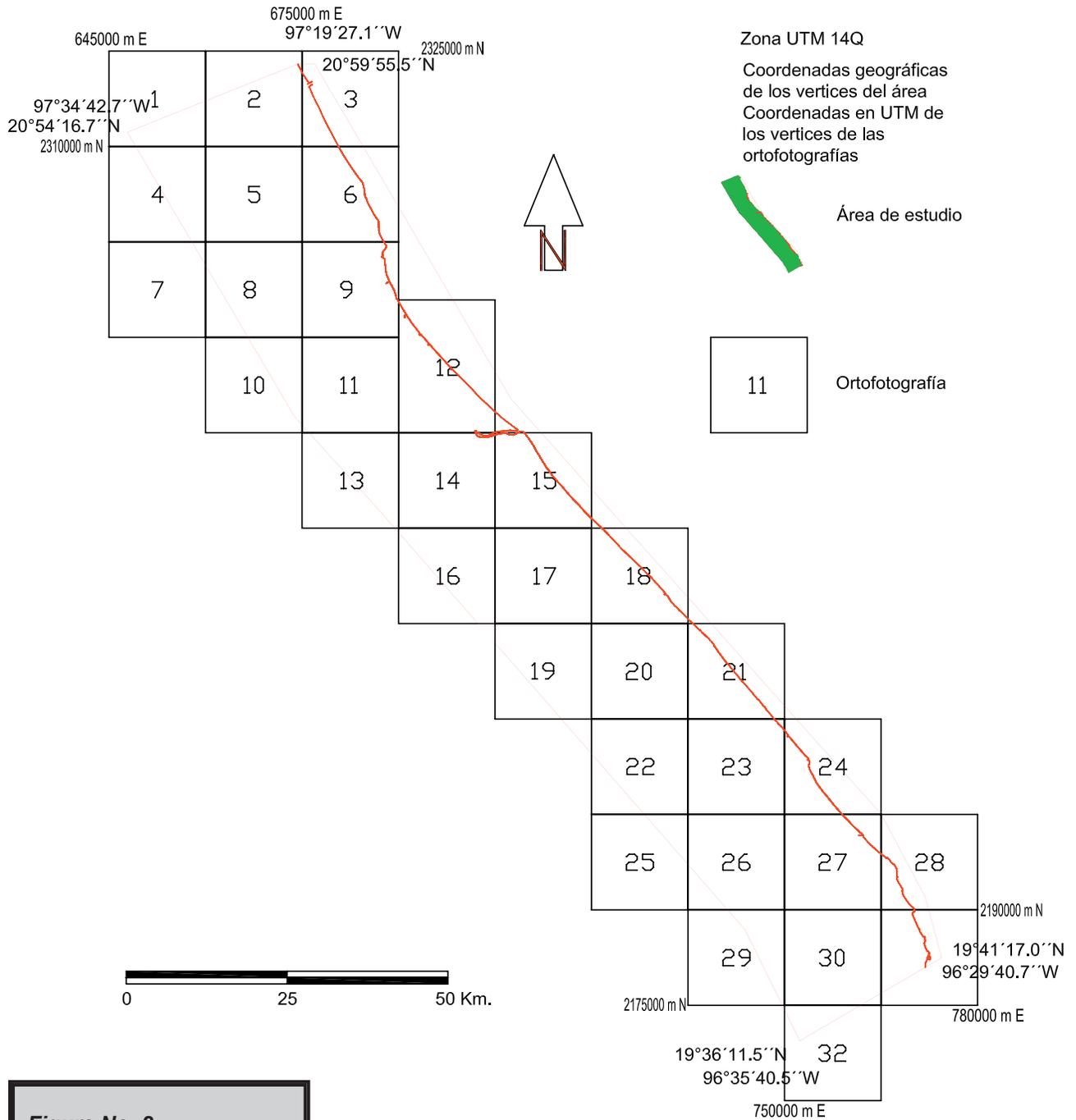


Figura No. 2.
Área de cobertura de las ortofotos en la zona de estudio.

5. Transferencia de los límites de las zonas identificadas a la base topográfica mediante el programa de computadora AutoCad versión 2004. Los mapas topográficos y geológicos se tomaron de los proyectos “Barra de Nautla” y “Barra de Cazones” (Facultad de Ingeniería, 2002 y 2003), cambiando la escala de estos (1:50,000) por una más apropiada para expresar los resultados en un solo mapa (1:250,000). Los mapas se elaboraron mediante el programa de computadora Surfer v.8.0 a partir de los “Conjuntos de Datos Vectoriales” de las cartas topográficas a escala 1:50,000 del INEGI y que están referidas al Sistema cartográfico ITRF92. El área se localiza en la Faja 14Q del sistema de proyección Universal Transverso de Mercatory corresponde con fracciones de las cartas topográficas de Tuxpan (F14-D55); Barra Norte (F14-D56); Poza Rica (F14-D65); Cazones (F14-D66); Papantla (F14-D76); La Guadalupe (F14-D77); Martínez de la Torre (F14-D86); San Rafael (F14-D87); Vega de Alatorre (F14-D88); Misantla (E14-B17); Villa Emilio Carranza (E14-B18) y Actopan (E14-B28) (Figura No. 3).
6. Identificación en base a las fotografías aéreas y ortofotografías de los tipos de procesos que se presentan en las diferentes zonas identificadas de acuerdo a la clasificación de EPOCH (1993).
7. Edición del mapa geomorfológico que se presenta como Anexo.
8. Identificación de las zonas en donde se presenta cada tipo de proceso de remoción en masa, así como de los factores que ayudan a que estos afecten áreas más amplias, como la identificación de zonas sin vegetación y la influencia del clima en la zona.
9. Análisis y comparación de la geomorfología y geología del área con las fotografías aéreas y las zonas en donde se presentan los procesos de remoción en masa para identificar las características de cada uno de los rubros de la clasificación utilizada.
10. Redacción del presente texto.

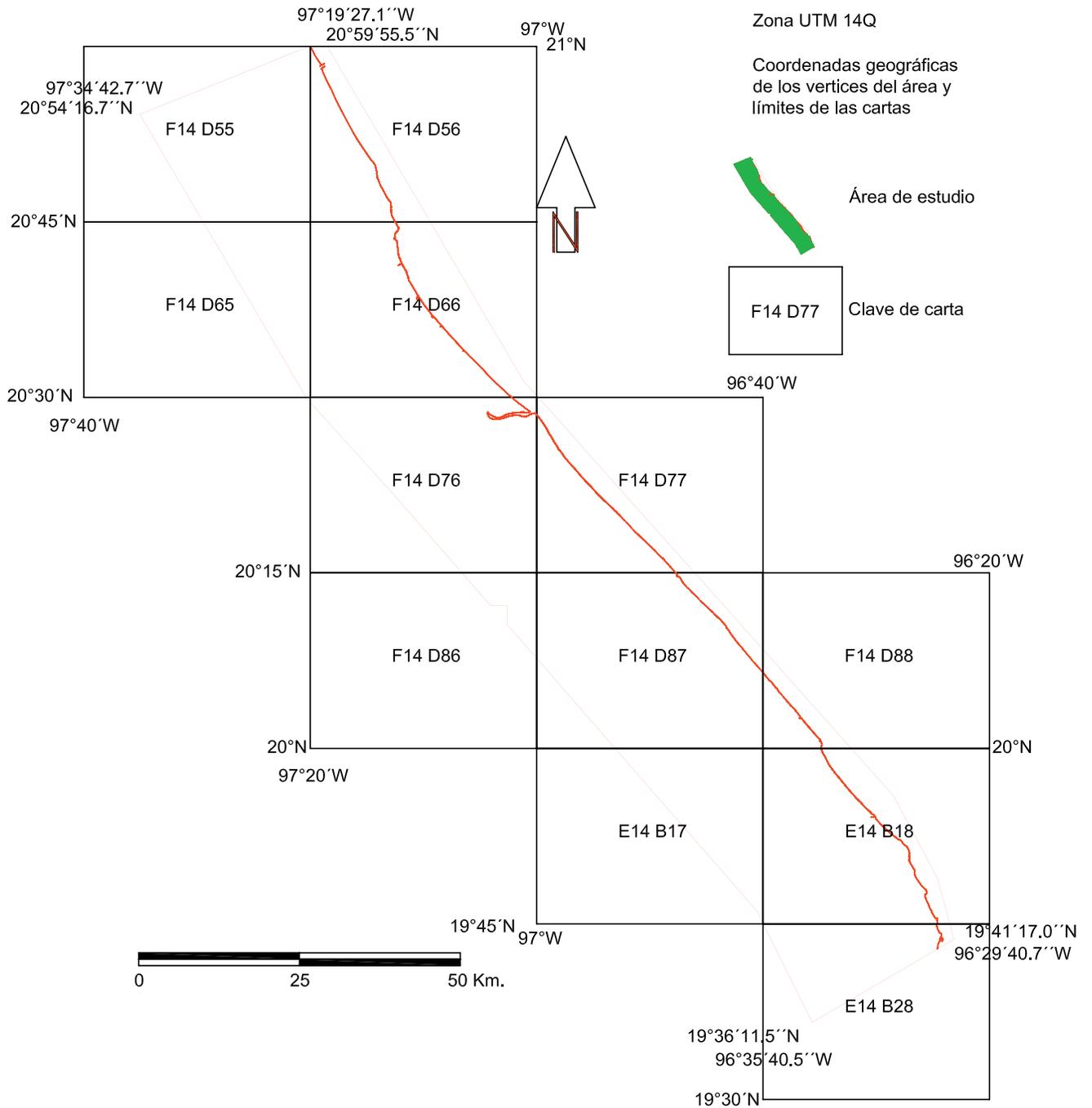


Figura No. 3. Área de cobertura de los mapas de INEGI a escala 1:50,000 en la zona de estudio.

Antecedentes

En los estudios Geológicos Barra de Nautla y Cazonas (Facultad de Ingeniería, 2002 y 2003) se elaboró la cartografía haciendo análisis estratigráficos, geomorfológicos y petrológicos, los cuales sirvieron de antecedente en el presente trabajo.

Se han elaborado varios estudios en el estado de Veracruz, algunos particularmente son de interés para la elaboración del presente estudio, sobre los movimientos en masas se consultó la tesis de licenciatura de Carreón Freyre (1990), quien hace una correlación de las condiciones geológicas que forman suelos, y como, por medio de la interacción mecánica se hace un análisis de los movimientos de laderas en la zona de Misantla, en la planicie costera de Veracruz.

Otro estudio de gran importancia, es el realizado por Lugo-Hubp y Córdova (1991) sobre La Regionalización Geomorfológica de la República Mexicana, en el cual se analizan las provincias y subprovincias geomorfológicas presentes en el país, siendo clasificadas de acuerdo a su morfología y relación con la estructura geológica, junto con elementos morfométricos.

Un estudio más detallado del Estado de Veracruz lo realizó Geissert Kientz (1999), en su mapa de regionalización geomorfológico del estado, en el cual describe con gran detalle las provincias y subprovincias geomorfológicas.

Alcántara-Ayala (2000) en su trabajo "*landslides*" hace un análisis de los procesos que forman los "movimientos de terreno", así mismo propone este término como traducción al español del anglo "landslides", así mismo describe la clasificación de EPOCH (1993) para la identificación de los tipos de procesos de remoción en masa con base en los atributos morfológicos y al carácter de los movimientos, tanto de la superficie de ruptura, como del área de depósito, tipo y velocidad del movimiento y tipo de material involucrado.

Herrera-Castañeda (2002) realizó un trabajo de Regionalización de los deslizamientos en México, en el cual analiza las causas de los movimientos en las laderas, identificando el área de Veracruz como de alto potencial para que ocurran los siniestros.

Localización

El área de estudio se localiza en el estado de Veracruz, en la Provincia Fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Norte y la Provincia Eje Neovolcánico, dentro de la región geológica conocida como Cuenca Tampico-Misantla. (Figura No. 4)

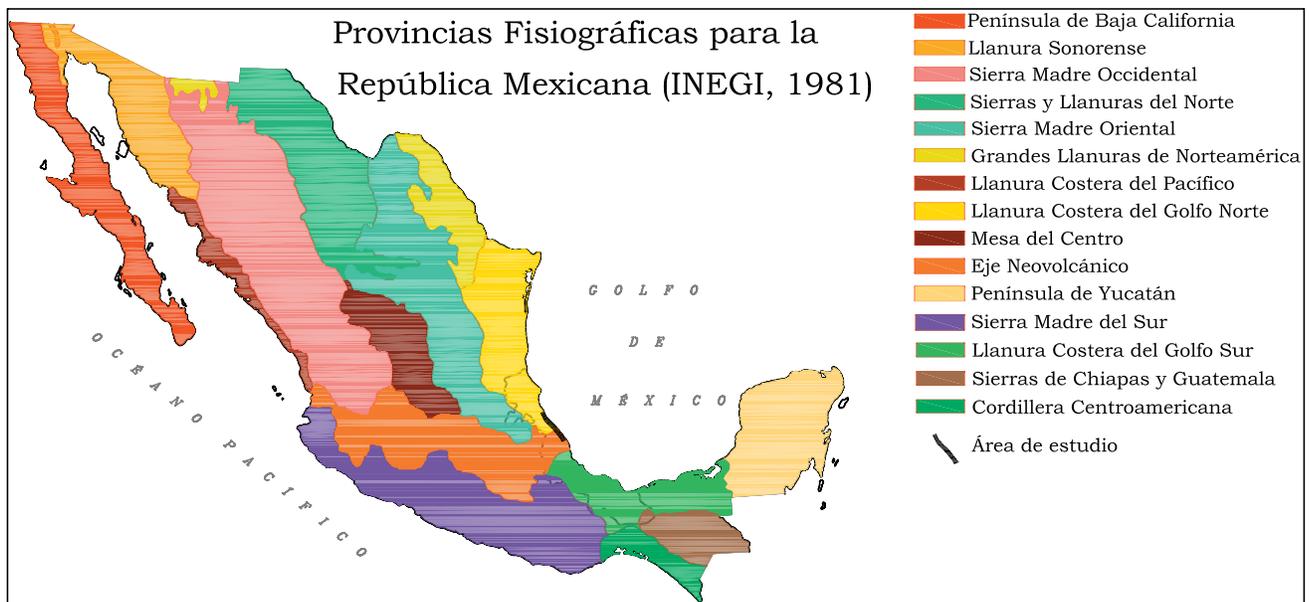


Figura No. 4.
Provincias Fisiográficas para la República Mexicana (INEGI, 1981)

El área tiende a una forma burdamente rectangular de aproximadamente 180 Km de largo por 25 Km de ancho. Tiene coordenadas extremas al Este $19^{\circ}41'17.0''$ N, $96^{\circ}29'40.7''$ W; al Sur $19^{\circ}36'11.5''$ N, $96^{\circ}35'40.5''$ W; al Oeste $20^{\circ}54'16.7''$ N, $97^{\circ}34'42.7''$ W y; al Norte $20^{\circ}59'55.5''$ N, $97^{\circ}19'27.1''$ W. Corresponde con la región costera del Golfo de México entre Tuxpan y Palma Sola, Veracruz. Entre los poblados importantes de área se encuentran Nautla, Tecolutla, Vega de Alatorre, Villa Emilio Carranza, Juchique de Ferrer. Dentro del área se localiza la zona turística denominada Costa Esmeralda.

Vías de comunicación

Se puede decir que el área de estudio está bien comunicada por carreteras estatales y por caminos de terracería transitables todo el año. El principal acceso al área es la carretera federal 180 que tiene un trazo subparalelo a la costa en el Sector Palma Sola, la cual comunica a las ciudades de Poza Rica, Papantla, Gutiérrez Zamora, Barra de Nautla, Vega de Alatorre, Emilio Carranza y Palma Sola con Veracruz, y la carretera federal 129 que conecta la ciudad de Teziutlán, Martínez de la Torre y San Rafael. En el área también discurre un tramo de la autopista de México-Tuxpan en el tramo que comunica a Poza Rica con Tuxpan También hay carreteras secundarias que une al poblado Cazones de Herrera con Tuxpan y Poza Rica, existen numerosos caminos de terracería y brechas que se encuentran en buen estado y son transitables en toda época, estos se desprenden tanto de la carretera Jalapa-Nautla-Papantla como de la carretera serrana entre Plan de las Hayas-Misantla-Martínez de la Torre–Papantla (Figura No. 5)



Figura No. 5.
Mapa de vías de comunicación,
Tomado de la Guía de Carreteras
(Guía Roji, 2003)

Clima y vegetación

Las características topográficas permiten identificar al menos dos tipos de clima con su respectiva vegetación:

La porción nororiental tiene elevaciones locales de unos 300 m de altitud y presenta un clima tropical lluvioso, con estación seca bien definida y lluvias en verano, con precipitación media anual superior a los 750 mm, también la temperatura es superior a los 18° C, con temperaturas máximas de 40° C, siendo la vegetación de tipo tropical.

La porción sureste, con elevaciones hasta de 1,200 m de altitud., posee un clima templado húmedo, con lluvias periódicas, la estación invernal no está bien definida y es seca; en ocasiones alcanza temperaturas de 30° C, la vegetación es de tipo subtropical (primavera, caoba, etc.) y templada (encino, palo blanco, etc.).

Además, se puede mencionar que en los meses de diciembre, enero y febrero, la totalidad del área se ve afectada por “nortes” (periodos de lluvia y neblina con una duración promedio de 4 ó 5 días) que afectan en el Golfo de México. (Facultad de Ingeniería, 2002 y 2003).

MARCO GEOGRÁFICO

Orografía

Topográficamente la región se eleva gradualmente desde la costa del Golfo de México hasta las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, donde se observan elevaciones del orden de los 1,300 metros en el suroeste. La topografía está gobernada por la erosión diferencial de las rocas sedimentarias, intrusivas y volcánicas. Las zonas más altas están compuestas por lutitas, margas y derrames ígneos, mientras que las zonas más bajas están compuestas por sedimentos producto de la erosión de las zonas altas. La morfología de la región se caracteriza por presentar planicies, mesetas, montañas y lomeríos con pendientes suaves a fuertes (0 a más de 45°); que integran esencialmente 4 zonas, que para este estudio se han denominado de Lomeríos, Montaña, Planicies Bajas y Litoral.

Lomeríos: Hacia el norte del área de estudio se observa un conjunto de formas redondeadas, de laderas suaves a medias (15° a 25° de pendiente) caracterizadas por una altura relativa inferior a 300 m y desniveles de 50 a 70 m, aunado con presencia de una gran cantidad de deslizamientos, los cuales le dan una topografía ondulada a escarpada, característica muy especial de la región. Toda esta zona se encuentra rodeada por grandes llanuras en las cuales predominan los valles de tipo fluvial, labrados por las corrientes principales del Tecolutla y el Nautla así como sus afluentes. Cerca de la zona de sierras, hay mesetas constituidas por sedimentos antiguos y rocas volcánicas, que son, al igual que las sierras, de laderas convexas, remanentes de antiguas superficies de depósito.

Montaña: Hacia el sur de la región las elevaciones se caracterizan por ser de formas más “afiladas”, ésto lo remarcan las pendientes rectas medias a fuertes (de 25° a más de 45°); definiendo montañas de laderas abruptas y de fuerte inclinación, con alturas relativas que van desde los 600 a 1,300 m (Cerro las Cruces) caracterizadas por una disección en forma de barrancas, también se observan montañas de laderas tendidas y de menor elevación. Estas zonas están rodeadas por valles labrados por las corrientes fluviales de los ríos Misantla, Colipa, Juchique y Miraflores, y sus afluentes. Esta zona a su vez se caracteriza por contener algunas estructuras de geometría cónica asociados a volcanes piroclásticos y estructuras circulares asociadas con cuerpos hipabisales, así como mesetas, que abarcan un gradiente altitudinal de 60 a 700 m, controlados por la presencia de rocas basálticas y lahares.

Planicies Bajas: En toda la zona predominan las formas producto de la erosión fluvial, conformada principalmente por zonas planas casi horizontales (0° a 3°). Las planicies tienen una orientación preferencial NE-SW; y se caracterizan por presentar terrazas fluviales, planicies de inundación, producto de la acumulación de sedimentos fluviales, meandros abandonados, esteros, lagunas y/o deltas (en la desembocadura).

Litoral: Se asocia a planicies formadas por procesos marinos (oleaje, mareas, entre otras), que corresponden con playas rectas y estrechas, que son modificadas por la acción del viento, dando origen a la formación de dunas, o bien por el tipo de desembocadura; también es representativo observar cordones litorales, barras y líneas de costa tanto antiguas como actuales.

Hidrografía

Con base en las cartas topográficas del INEGI a escala 1:250,000 se identificaron 22 cuencas exorreicas que drenan total o parcialmente dentro del área de estudio, los sistemas fluviales tienen un patrón de drenaje dendrítico en la cabecera, mientras que hacia la desembocadura las corrientes principales son meándricas. En la figura 6 se muestran las siete cuencas mayores, las cuales se denominan de acuerdo al nombre de la corriente principal, las cuencas se analizan de norte a sur, todas ellas presentan una dirección preferencial hacia el N60°E. En la Tabla No. 1 se presentan las características de las siete cuencas mayores.

No.	Cuenca	Superficie Total (Km ²)	Superficie dentro del área (Km ²)	Orden*	Longitud (Km)**	Afluentes principales
1	Tuxpan	2,600	230	Quinto	80	Vinazco, Pantepec
2	Cazones	2,200	310	Cuarto	88	San Marcos, Amixtlán, Buenavista
3	Tecolutla	3,600	410	Quinto	73	Necaxa, Lajajalpan
4	Bobos	1,700	360	Quinto	70	Pedernales, María de la Torre
5	Misantla	350	300	Cuarto	33	Río Grande, Carbón, Camarón
6	Colipa	280	280	Cuarto	40	Ixtacapan
7	Juchique	253	220	Cuarto	40	(Tiene corrientes menores como afluentes)

Tabla No. 1. Características principales de las cuencas mayores.

***El orden se considera de acuerdo a la propuesta de Aparicio-Myares (1999)**

****La longitud está considerada desde la incorporación de los últimos dos afluentes, que dan el orden a la corriente, hasta su desembocadura.**

Las cuencas tienen un parteaguas irregular, en algunos lados presentan ciertos lineamientos, los cuales se intuye que son debido a fallas y/o fracturas. Los parteaguas se modifican relativamente rápido por la erosión intensa que predomina en la zona debido al clima; en algunas corrientes, como en el Río Nautla y el Misantla, se presentan islotes dentro de la corriente, lo cual los califica como

anastomosados; en su mayoría los ríos presentan terrazas de inundación, siendo ésto visible en los antiguos meandros, los cuales están en la actualidad abandonados.

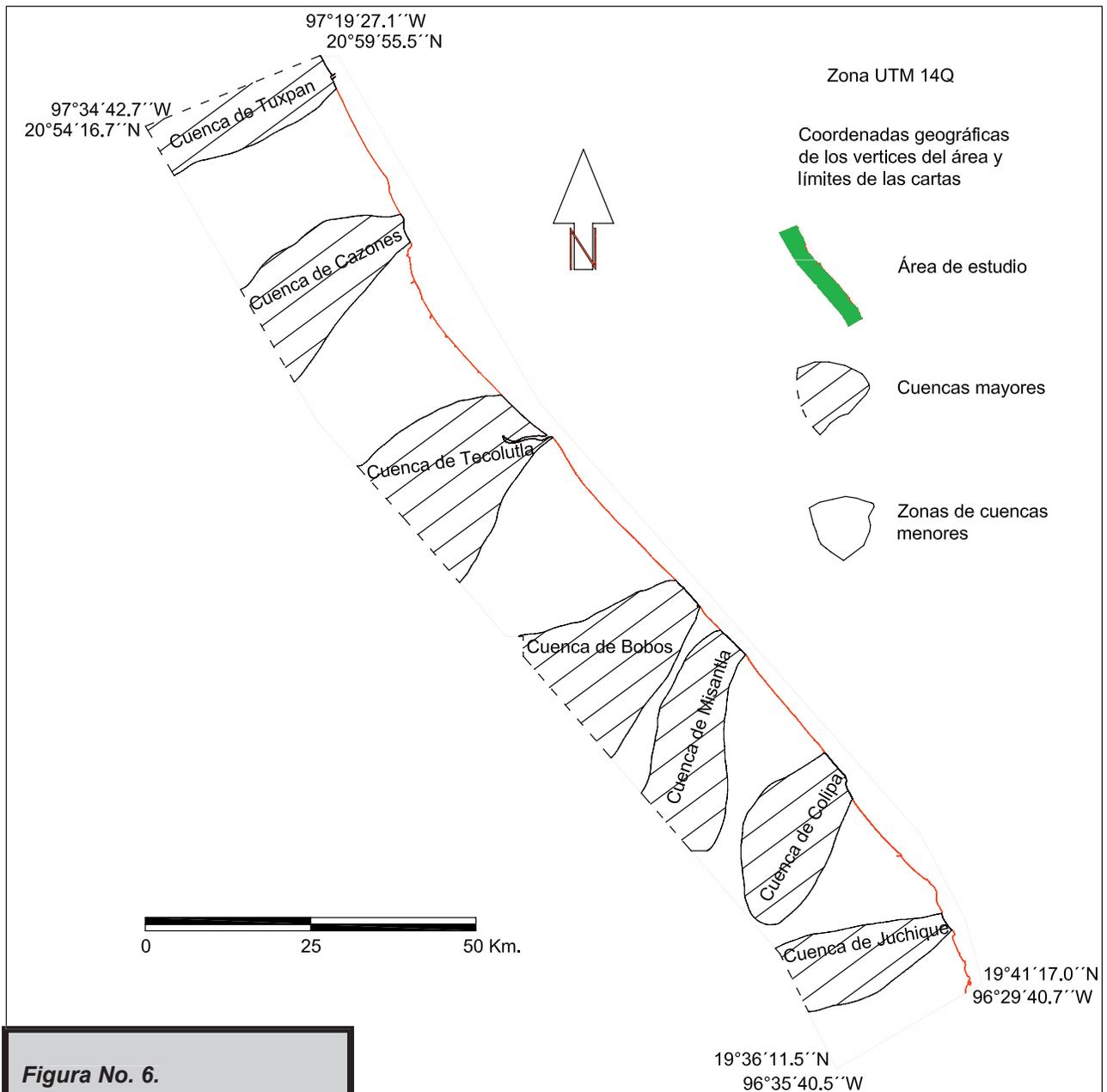


Figura No. 6.
Cuencas mayores en el área de estudio

MARCO GEOLÓGICO

En el área se presentan unidades genéticas distintas, pues se presentan de carácter sedimentario e ígneo, junto con depósitos recientes de diversa composición; hacia la zona norte se encuentran casi todas las rocas sedimentarias, mientras que en el sur estas unidades están cubiertas por rocas ígneas; los depósitos recientes por su parte, se presentan a lo largo de la costa como resultado de la erosión continua de las unidades antes mencionadas.

Estratigrafía

El registro geológico de la región está asociado a momentos de transgresiones y regresiones que ocurrieron durante el Cenozoico, los depósitos formaron posteriormente una gama de unidades sedimentarias, que van desde los conglomerados hasta las areniscas, areniscas calcáreas y lutitas (Eoceno a Plio-cuaternario). Posteriormente, la intrusión y expulsión de rocas ígneas tuvo lugar, con lo que se generaron cuerpos hipabisales, lahares, derrames andesítico-basáltico, basaltos y tobas (Mioceno a Holoceno). A continuación se presenta una síntesis de la estratigrafía del área, a partir de los estudios realizados por la Facultad de Ingeniería (2002 y 2003):

Rocas sedimentarias

En cuestión de resistencia las rocas sedimentarias tienen ciertas características, las areniscas (Formación Tuxpan) tienen alto contenido de mica o son arcillosas, presentan plegamiento y estratifi-

cación, tienen alteración meteórica y una baja resistencia al esfuerzo cortante; las lutitas (Formación Guayabal) tienen baja resistencia al esfuerzo cortante, fisilidad, tienen estratificación delgada, fluencia plástica, alteración meteórica y arcillas expansivas; los conglomerados (formaciones Tantoyuca y Conglomerado Gutiérrez Zamora) tienen estratificación, alteración meteórica y baja resistencia al esfuerzo cortante; las margas y calizas (Formación Escolín) presentan estratificación, fracturamiento, plegamiento y presencia de materiales solubles. (Herrera-Castañeda, 2002)

Formación Guayabal (Eg). De acuerdo a López-Ramos (1956), “fue mencionada primero por Adkins en 1925 en un informe geológico inédito y posteriormente publicada por Cole en 1927”. López-Ramos (op cit.) la define como lutitas suaves de color gris y azul a pardo, que intemperizan en color gris-pardo a crema; presenta intercalaciones de areniscas de grano fino, localmente con nódulos de siderita mismos que la caracterizan, al sureste de Poza Rica, Ver., en el área de Sabaneta, presenta cuerpos de conglomerados lenticulares. La estratificación, por lo general, no es muy clara y ocasionalmente tiene una estructura laminar, particularmente cuando tiene intercalaciones de areniscas. La localidad tipo se encuentra en el poblado de Guayabal, en el municipio de Tamatoco, Veracruz, a 12 kilómetros al oeste de Potrero del Llano en el camino a Tlacolula. En la Formación Guayabal se ha reportado la presencia de las especies de foraminíferos *Globigerina topilensis*, *Globorotalia albeari*, *Amphistegina mexicana*, *Nodosaria mexicana* y *Eponides guayabalensis* y de los moluscos *Ostrea sellaeformis*, *Trunconotaloides rohri*, *Protocardia gambrina*, *Venericardia serricosta*; entre muchas otras, además de abundantes briozoarios y corales (López-Ramos, 1956).

La Formación Guayabal en el área de estudio consiste principalmente de una alternancia de lutitas y areniscas, las lutitas son calcáreas de color gris verdoso con intercalaciones delgadas de areniscas de color gris claro que intemperizan en gris ocre y gris verdoso compuesta esencialmente por fragmentos líticos, de cuarzo y feldespatos, en matriz de arcilla fina y cementados por carbonatos.

La fauna identificada y las condiciones de depósito de la Formación Guayabal sugieren una acumulación en una plataforma relativamente somera en la cual se acumulaban secuencias de lutitas, con horizontes arenosos asociados a cambios estacionales, en el marco de una regresión durante el Eoceno Temprano.

Formación Tantoyuca (Et). De acuerdo con López-Ramos (1956) es una facies de la Formación Chapapote-Tantoyuca. Verwiebe (1924) publica por vez primera esta unidad. La localidad tipo se ubica un kilómetro al este de la población de Tantoyuca Ver., a 150 metros al noreste del cruce del camino de Tantoyuca a Chopopo (Chila Cortaza) con el arroyo Tecomate (López-Ramos, 1956).

Conforme a López-Ramos (1956), se han reportado numerosos microfósiles entre los que destacan *Bulimina jacksonensis* (Cushman), *Discorbis jacksonensis* (Cushman & Applin), *Globorotalia cerroazulensis* (Cole), *Hantkenina alabamensis* (Cushman), *Helicolepidina spiralis* (Tobler), *Helicolepidina paucistriata* (Barker & Grimsdale), *Lepidocyclina aff. L. ocalana* (Cushman), *Lepidocyclina proteiformis* (Vaughan), *Operculina floridensis* (Heilprin), *Operculina mariannensis* (Vaughan), *Operculinoides wilcoxi* (Heilprin), *Robulus gutticostatus* (Gümbel), *Robulus mexicanus* (Cushman). En tanto que el macrofósil más frecuente corresponde al género *Venericardia*.

La Formación Tantoyuca consiste en conglomerados polimícticos con clásticos de rocas sedimentarias bien redondeados, muy bien cementados por carbonatos. Con una matriz de arena gruesa subangulosa a subredondeada conformada principalmente por líticos de calizas, cuarzo, pedernal negro y bioclastos. Las gravas presentan gradación normal, se observan estructuras de corte y relleno. En general los estratos están poco definidos, se encuentran intercalados con areniscas de grano grueso en estratos de 25 a 30 cm, los cuales alternan con areniscas de grano fino subangulosas en estratos de 5 a 28 cm con pistas y galerías.

Por posición estratigráfica, a la Formación Tantoyuca se le asigna al Eoceno tardío ya que en apariencia, sobreyace concordantemente a la Formación Guayabal, relación que se observa en el camino a La Codicia. La Formación Tantoyuca en el área de estudio representa un complejo de barras litorales asociadas muy probablemente con plataformas marinas muy someras y depósitos deltaicos.

Formación Escolín (Me). López-Ramos (1956) explica que el antecedente fue propuesto en un informe inédito de Grimsdale (1933). De acuerdo al López Ramos (1956) la unidad consiste en su parte inferior de margas color gris oscuro, muy homogéneas y de carácter masivo, que por intemperismo toman un color café chocolate, ocasionalmente se aprecian los planos de estratificación. Hacia las cima las margas son arenosas y alternan con areniscas calcáreas y calizas arenosas las cuales generalmente desprovistas de fósiles. De acuerdo a López-Ramos (1956) se consideran como localidad tipo a los arroyos Canoas y Escolín, en la Hacienda Escolín.

El contenido fosilífero que se ha reportado en la Formación Escolín incluye foraminíferos, moluscos y algunos bancos de corales no determinados (López-Ramos, 1956): Foraminíferos *Almaena alvarezii* (Limón Gutiérrez), *Almaena zigzag* (Galloway & Heminway), *Miogypsina complanata* (Schlumberger), *Miogypsina gunteri* (Cole), *Miogypsina mexicana* (Nuttall), *Robulus gutticostatus* (Gümbel), *Robulus vaughani* (Cushman), *Siphonina advena* (Cushman), *Sorites sp*; Moluscos *Arca sp*, *Cardium sp*, *Orthaulax aguadillensis* (?)(Maury), *Ostrea sp*, *Turritella sp*.

Se caracteriza por una secuencia arcillo-arenosa en estratos delgados predominantemente de lutitas con algunas intercalaciones de areniscas. Se observa una secuencia muy plástica pero fósil, esta condición no permite la identificación clara de los estratos, pero las laminaciones están muy bien definidas; no se identificaron estructuras sedimentarias primarias adicionales. En el área del estudio no está expuesta la base de la Formación Escolín, se ha reportado que sobreyace con-

cordantemente a la Formación Coatzintla y subyace discordantemente a la Formación Tuxpan del Mioceno Medio, en la base de la cual existe un conglomerado que marca la discordancia. La Formación Escolín se acumuló probablemente en una secuencia deltaica en la zona correspondiente al prodelta.

Formación Tuxpan (Mt). De acuerdo a López Ramos (1956), consiste de areniscas calcáreas, caliza arenosa y lutita (generalmente menos arenosas), que son predominantes; localmente se aprecian algunos conglomerados particularmente hacia la base de la formación. Su localidad tipo es ubicada en: las lomas de la Ciudad de Tuxpan, Ver., a unos 120 metros al oeste de la iglesia principal, y en el camino de la Loma del cuartel.

Entre sus fósiles característicos se encuentran los siguientes: Foraminíferos, *Amphistegina lessonni* (d'Orbigny), *Cibicides americanus* (Cushman), *Globigerinoides sacculiferus* (Thalman), *Operculinoides Tuxpanensis* (Thalman), *Robulus americanus* (Cushman), *Robulus rotulatus* (Lamarck), *Robulus vaughani* (Cushman), *Rotalia beccarri* (Linnaeus); Equinodermos, *Clypeaster cubensis* (Cotteau), *Macropneustes antillarum* (Cotteau), *Clypeaster meridaensis* (Michelin), *Vasconaster jeanetti* (Lambert); Moluscos: *Ostrea rugifera* (Dall), *Pecten condylomatus* (Dall), *Cardium aff chipolanum* (Dall), *Clementina dariena* (Conrad), *Turritella subgrundifera* (Dall).

La Formación Tuxpan consiste en una secuencia arenosa, en ocasiones con intercalaciones de lodolitas y lutitas. Litarenitas de color amarillo, de grano fino, de cuarzo subanguloso, líticos y pedernal, con cementante calcáreo, con abundantes fósiles de conchas marinas, foraminíferos de 1 a 5 mm; en las unidades arcillosas se observa gran cantidad de icnofósiles (galerías) de hasta 3 cm de ancho en todas direcciones. Se considera que la secuencia miocena en general cubre discordantemente a la Formación Guayabal. La Formación Tuxpan está cubierta discordantemente por el Conglomerado Gutiérrez Zamora y por rocas volcánicas.

La Formación Tuxpan se acumuló durante una transgresión marina en el Mioceno Medio, la abundancia de fósiles de invertebrados sugiere un ambiente de plataforma clástica con un aporte de clásticos moderado. Los sedimentos de esta formación fueron depositados durante una transgresión de aguas someras, seguidas de una regresión, hasta alcanzar su posición actual en el Golfo de México.

Conglomerado Gutiérrez Zamora (Plgz). Denominado informalmente como Conglomerado Gutiérrez-Zamora por la Facultad de Ingeniería (2002) como una secuencia de conglomerados de origen continental caracterizados por su poca cohesión y que consisten en gravas y bloques de muy distinta procedencia. El Conglomerado cubre discordantemente a la Formación Tuxpan. Como localidad tipo se pueden señalar los cortes de carretera y bancos de material aledaños al estribo noroeste del Puente Tecolutla.

Es un conglomerado polimíctico poco consolidado con clastos muy diversos bien redondeados, estos clastos son de: Calizas mudstone gris medio con bandas de pedernal negro de 5 a 15 cm redondeados (35%), Pedernal negro subredondeado (15%), Rocas ígneas de color verde (10%), Andesitas gris medio afaníticas (5%), Tobas blanquecinas amarillentas caolinizadas (5%), Conglomerado bien cementado (5%) e Ignimbritas gris claro en tonos de lila de 30 a 50 cm (5%). Dentro de la secuencia del Conglomerado Gutiérrez Zamora se observa intercalada la Toba Los Faisanes. El Conglomerado se acumuló en condiciones continentales, como depósitos fluviales tipo abanicos aluviales durante el Plio-cuaternario.

Rocas ígneas

Las rocas ígneas expuestas en el área tienen un carácter alcalino como se pudo comprobar en dos estudios químicos, lo cual corresponde con los trabajos previos de Negendak *et al.*, (1985). Las unidades reconocidas en este trabajo tienen carácter hipabisal, lávico, piroclástico y lahárico, por lo general de composición andesítico-basáltica.

Las rocas ígneas intrusivas (Intrusito Espaldilla) tienen exfoliación, un alto grado de fracturamiento y argilización; las rocas ígneas extrusivas (Unidad Juchique, Unidad Colipa, Basalto Santa Ana, Basalto Poza Rica, Basalto San Rafael, Toba Los Faisanes y Lahar Misantla) tienen la presencia de capas débiles en la secuencia, las cuales son heterogéneas, con estratificación, foliación, no tienen consolidación y tienen espesor variable. (Herrera-Castañeda, 2002)

Intrusivo Espaldilla. Se denominan informalmente como Intrusivo Espaldilla a un conjunto de cuerpos ígneos de naturaleza hipabisal emplazados tanto en la secuencia eocénica como miocénica. El nombre se toma del Cerro Espaldilla, rasgo geográfico conspicuo en el camino entre Misantla y Loma del Cojolite. En algunos casos se trata de diques de composición andesítica que intrusionan a las formaciones Guayabal, Tantoyuca y Tuxpan.

Negendank *et al.*, (1985) mencionan a una “Old Formation” del Mioceno, la cual se encuentra formada por diferentes productos volcánicos, incluyendo diques de composición principalmente alcalina. Los cuerpos hipabisales corresponden con diques, mantos y apófisis. Dado que se trata de diques y mantos que intrusionan a las formaciones Guayabal Tantoyuca y Tuxpan, se considera que los cuerpos hipabisales tienen una edad del Mioceno Superior - Plioceno. Su origen es debido a un magmatismo alcalino hipabisal.

Unidad Juchique. Constituida por intercalación de depósitos epiclásticos (depósitos laháricos) y derrames de composición de andesíticos a basáltico-andesíticos pliocénicos. Los depósitos epiclásticos están compuestos por clastos ígneos extrusivos de la misma composición de los derrames. Los clastos son redondeados a subangulosos y de tamaños que van desde cantos rodados a gránulos en una matriz de arena gruesa.

En algunos afloramientos se observa una ligera imbricación de los clastos, la estratificación en los epiclásticos están bien definidos por gradación normal del material. La unidad se expresa morfológicamente con pendientes fuertes, sus mejores afloramientos se ubican en los arroyos. La Unidad Juchique se encuentra en contacto discordante sobreyaciendo a las formaciones Guayabal y Tantoyuca y a una secuencia del Plioceno temprano (Torres-Estrada, 2001) a su vez está cubierta por la Unidad Colipa y el Basalto Santa Ana.

Esta unidad expresa la actividad volcánica que conformó el sector más oriental de la Faja Volcánica Transmexicana. La Unidad Juchique fue formada por actividad lávica de composición basáltico-andesítica, y por flujos laháricos procedentes de una estructura volcánica cercana.

Unidad Colipa. Es un conjunto de derrames y flujos laháricos de composición andesítico-basáltica expuesta en el sector suroeste del área que se expresa morfológicamente con pendientes suaves a moderadas, como frentes de derrames.

Negendank *et al.*, (1985) menciona una unidad que consiste en derrames basálticos, a la cual denomina las lavas Chiconquiaco que están expuestas desde el Cerro del Sombrero hasta la costa al norte del poblado de Palma Sola. En esta secuencia de derrames reconocieron basaltos alcalinos y también andesitas basálticas. Las lavas Chiconquiaco fueron fechadas por Mooser y Soto (1980), con una edad de 3.0 Ma, que corresponde al Plioceno Superior.

La unidad está constituida por una intercalación de derrames andesíticos, andesítico-basálticos, basálticos, depósitos de caída y conglomerados polimícticos con alteración parcial a total por minerales arcillosos. Una característica particular de esta unidad está denotada por estructuras circulares correspondientes a bloques deslizados. Esta unidad se encuentra en contacto discordante sobre la Unidad Juchique, en el sector más sureste se observa discordantemente bajo los derrames de los Basaltos Santa Ana, de los cuales se distingue por una morfología más irregular. La Unidad Colipa se formó por la actividad volcánica lávica, piroclástica y lahárica que edificó un estratovolcán ubicado al noroeste de su área de afloramiento.

Basalto Santa Ana (PI-Qbsa). Se consideran informalmente como Basaltos Santa Ana a los productos volcánicos, lávicos y piroclásticos que sobreyacen a la Unidad Colipa en el sector sureste del área del estudio. Esta unidad consiste en derrames de naturaleza basáltica-andesítica y basáltica. El nombre se tomó de la Barra de Santa Ana, localidad cercana a sus afloramientos.

Negendank *et al.*, (1985) mencionan a los flujos de lava y campos de ceniza (de las series el Abra Superior de Mooser y Soto, 1980), como productos de los centros eruptivos asociados a los conos volcánicos del Cerro de la Cruz y El Abra. Los flujos de lava fueron reportados como basaltos alcalinos y toleítas. Negendank *et al.* (1985) les asignó una edad del Pleistoceno Superior al Holoceno. Los Basaltos Santa Ana presentan contactos discordantes con las unidades volcánicas expuestas en el sureste del área de estudio, yace sobre la Unidad Juchique en el sur, principalmente cubre a la Unidad Colipa. Su origen es un vulcanismo básico.

Basalto Poza Rica (PI-Qbpr). Así se denomina informalmente a un conjunto de derrames basálticos que tienen una expresión morfológica de mesetas de poco relieve, el nombre se eligió por la distribución espacial de derrames semejantes que se extienden hacia el noroeste del área, al norte y noroeste de Poza Rica, Ver. La unidad está formada por derrames de basaltos de olivino de color

gris verdoso oscuro, intemperizan en tonos de café; compuestos por minerales verde oliva en una matriz de grano fino; esta fue producto de actividad volcánica de composición básica. Estos basaltos de edad correspondiente al Plioceno Superior (correlaciona con la unidad de Basaltos Santa Ana) sobreyacen a las distintas unidades marinas cenozoicas, dentro del área se observan cubriendo discordantemente a la Formación Escolín.

Basalto San Rafael (PI-Qbsr). Informalmente es un conjunto de derrames básicos emplazados a lo largo de algunos valles fluviales, principalmente en los valles del Río Nautla y el propio del Río Colipa conforme a una superficie rocosa con pendientes suaves. La unidad está constituida por derrames basáltico-andesíticos con origen de vulcanismo básico asociado a la actividad de la Faja Volcánica Transmexicana. La clasificación de la roca corresponde a una traquita basáltico-andesítica de edad Plio-Cuaternaria con base en sus relaciones estratigráficas y a su emplazamiento en los valles fluviales. Hacia el noroeste le sobreyace discordantemente la Toba Los Faisanes, y es cubierta al sur-sureste por depósitos Cuaternarios de Terrazas fluviales.

Toba Los Faisanes (PI-Qtf). La Toba Los Faisanes (informal) es un conjunto de ignimbritas silíceas expuestas en el sector noroeste del área de estudio. Se toma el nombre de la localidad más cercana a sus mejores afloramientos sobre la carretera Poza Rica-Martínez de la Torre. Esta unidad silícea se extiende fuera de la zona sobre el valle del Río Bobos (Río Nautla), hacia Perote, Ver. Se encuentra intercalada en el Conglomerado Gutiérrez Zamora y sobreyace al basalto San Rafael se le considera de edad Plioceno-Cuaternario como a dichas unidades. Se considera a esta toba como producto de vulcanismo explosivo de composición silícea, tal vez asociado a una caldera.

Lahar Misantla (PI-Qlm). Es un conjunto de depósitos laháricos no reconocidos previamente, que se encuentran alojados en los valles fluviales en el sector sureste donde forman extensos abanicos. Estos depósitos están formados por clastos redondeados y subredondeados de naturaleza

andesítica de color gris oscuro al intemperismo, con textura porfídica. Cubre discordantemente a las unidades volcánicas Juchique y Colipa, a su vez se observa cubierto por los depósitos recientes, principalmente por las terrazas fluviales y por los depósitos. De acuerdo a sus relaciones estratigráficas con la Unidad Colipa y en atención a su emplazamiento en los valles fluviales principales, se le asigna una edad correspondiente al Plio-Cuaternario en condiciones continentales a partir de materiales volcánicos fragmentados transportados por agua en forma de flujos densos saturados.

Depósitos recientes

La región está caracterizada por el desarrollo de unidades de depósitos recientes propios de los modelos sedimentológicos fluvial y transicional, de tal forma se identificaron áreas ocupadas por aluviones, terrazas fluviales, depósitos litorales, depósitos lagunares y depósitos eólicos.

Depósitos de talud (Qta). La región presenta problemas de estabilidad de laderas, estos asociados a movimientos fluviales.

Terrazas (Qte). Algunos ríos mayores del área tales como el Nautla y el Misantla presentan el desarrollo de terrazas fluviales, caracterizadas por material grueso del tamaño de gravas.

Depósitos aluviales (Qal). En los valles de las principales corrientes fluviales del área, se presentan acumulaciones de materiales granulares no consolidados que consisten en bloques, gravas y arenas de líticas diversos.

Depósitos litorales (Qli). Se presentan conformando barras separadas por materiales aluviales y lagunares dispuestas conforme a una franja costera, las barras se angostan hacia el noroeste. Al sureste de la desembocadura del Río Colipa, la barra tiene un ancho menor a un kilómetro y está matizada por la presencia de dunas. Las barras presentan un morfología de cordones litorales, for-

mados por arenas de grano fino, cuya composición es de fragmentos de conchas, líticos volcánicos y granos de cuarzo. Las barras definen áreas de acumulación lagunar.

Depósitos lagunares (Qla). En la región estudiada se reconocieron áreas de acumulación de depósitos lagunares, cuya delimitación se realizó con base a criterios morfológicos y fotogeológicos, son áreas planas consistentes en depósitos finos principalmente arcillosos, con materia orgánica.

Depósitos eólicos (Qeo). Sobre las barras, se observan pequeñas áreas ocupadas por materiales arenosos retransportados por el viento, consisten de arenas de grano fino dispuestas en forma de dunas.

Geología Estructural

La geología estructural de la zona corresponde a un homoclinal el cual está compuesto por las formaciones Guayabal, Tantoyuca, Escolín y Tuxpan, las cuales en forma general presentan un rumbo N 40° W y se inclinan hacia el noreste, de tal forma que las unidades más antiguas se encuentran expuestas en el sector suroeste; sin embargo el homoclinal está modificado por una deformación penecontemporánea al depósito, generada por fallas de crecimiento; el acomodo de la secuencias deformadas de esta forma, definen estructuras plegadas (Facultad de Ingeniería, UNAM, 2002, 2003).

En el área se presenta una estructura plegada:

Anticlinal Coapeche. Se trata de la única estructura plegada expuesta en el área; tiene un rumbo N 35° W, se trata de un pliegue simétrico, sus flancos se inclinan entre 6° y 10°. La estructura está conformada por la secuencia Mioceno Superior, inicialmente se consideraba que la estructura estaba abierta en la secuencia oligocena de la Formación Palma Real (Facultad de Ingeniería, 2002).

En el Sector Palma Sola se reconocieron numerosas estructuras de origen ígneo:

Troncos. Se identificaron dos troncos, sin que se pueda establecer claramente su relación de emplazamiento, se trata de los troncos Villa Candelaria y Colorado, los cuales están expuestos en las cercanías de los poblados de donde se tomó su nombre.

Derrames. En la zona de Palma Sola se encuentran derrames aislados muy notables que conforman mesas como Mesa de Tigres y Mesa del Rodeo; Mesa de Venticuatro al centro el área y los derrames que inician en Mesa de Sombreros en el noreste del sector y que terminan en la costa en Boca de Loma, mismos que inspiraron el nombre de la Unidad Lavas de Chiconquiaco.

Volcán escudo. Los derrames de la unidad Lavas Chiconquiaco que se extiende a partir de El Abra definen dos volcanes escudo los cuales conforman Los Atixcos al noroeste de Palma Sola.

Domos. La riolita El Oro conforma un complejo de domos silícicos al oriente de Laguna Verde.

Conos cineríticos. La morfología del sector está matizada por la presencia de once conos cineríticos de distintos tamaños correspondientes a los productos piroclásticos de la Unidad Lavas Chiconquiaco, los más notables en el relieve son los conocidos como Los Atixcos, al noroeste de Palma Sola.

GEOMORFOLOGÍA

Regionalización

Conforme a las provincias geomorfológicas descritas por Lugo y Córdova (1991), como se aprecia en la figura No. 7 y la tabla No. 2, el área de estudio está dentro de la Provincia Costera del Golfo y la Provincia del Cinturón Neovolcánico Transversal. Esta clasificación del relieve geomorfológico es general para todo el país, por lo que las provincias son puestas de forma general de acuerdo a la homogeneidad de los rasgos morfológicos.

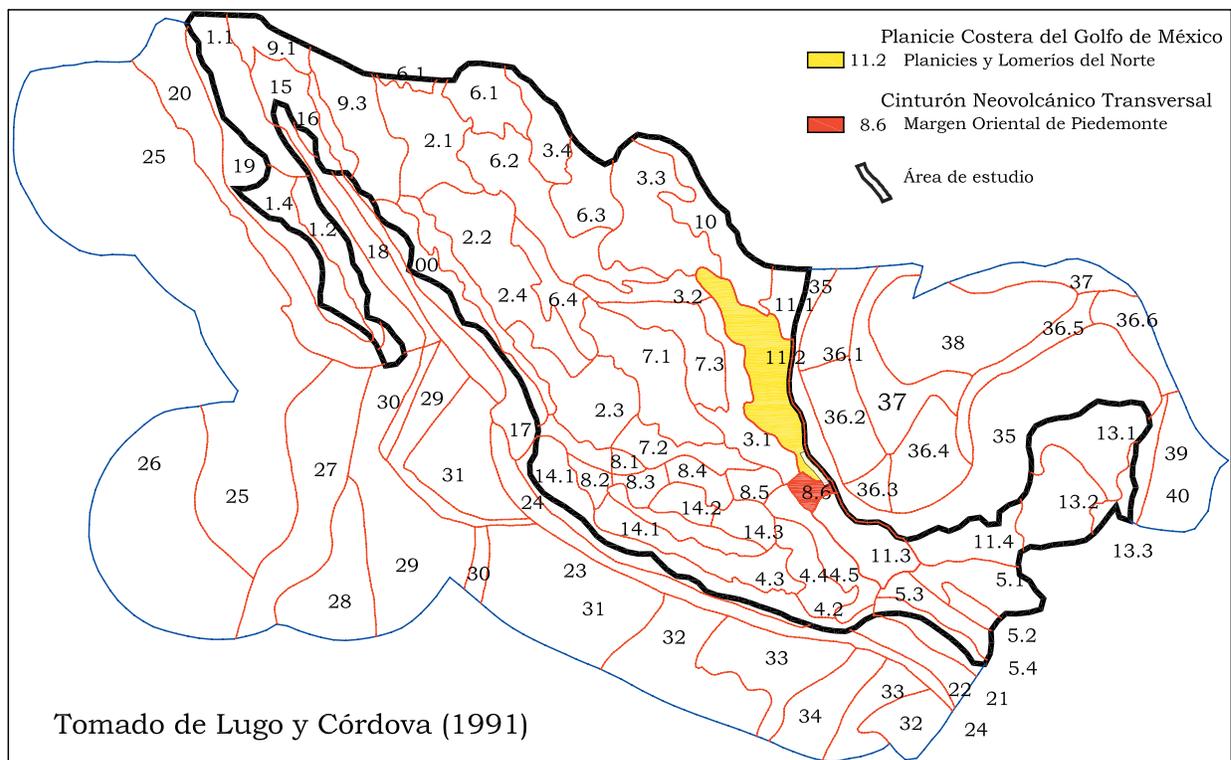


Figura No. 7.

**Provincias Geomorfológicas para la República Mexicana (Lugo y Cordova, 1991).
Se resaltan sólo las subprovincias que comprenden al área de estudio. La
nomenclatura completa se presenta en la Tabla No. 2**

El Sistema de Regionalización Geomorfológica más actualizado para Veracruz (Geissert, 1999) es un trabajo basado en el de Lugo y Cordova (1991), pero considerando la forma del relieve, la altura realtiva, la estructura geológica, la edad de las rocas y los procesos exógenos dominantes, como se visualiza en la figura No. 8; con lo que se tiene la siguiente regionalización:

1	Península de Baja California	11	Planicie costera del Golfo de México
I.1	Montañas bloque cristalinas del norte	11.1	Planicie costera de Tamaulipas
I.2	Sierra volcánica La Giganta	11.2	Planicie y lomeríos del norte
I.3	Montañas bloque cristalinas del sur	11.3	Planicie costera de Veracruz
I.4	Planicies bajas	11.4	Planicie costera de Tabasco-Campeche
2	Sierra Madre Occidental	12	Planicie costera del Pacífico occidental
2.1	Sierras volcánicas paralelas	13	Península de Yucatán
2.2	Mesetas y cañones	13.1	Planicie del norte
2.3	Filos y cañones	13.2	Planicies y lomeríos del sur
2.4	Margen occidental	13.3	Planicies del suroeste
3	Sierra Madre Oriental	14	Depresión del Balsas
3.1	Sierra Alta	14.1	Valle del Balsas-Tepalcatepec
3.2	Sierras Transversales	14.2	Laderas transicionales al Cinturón Volcánico Mexicano
3.3	Sierras y bolsones menores de Coahuila	14.3	Sierras y valles de Morelos-Guerrero
3.4	Sierras paralelas de Chihuahua	15	Plataforma continental
4	Sierra Madre del Sur	16	Talud continental
4.1	Montañas bloque Jalisco	17	Plataforma y talud continentales no diferenciados
4.2	Vertiente costera	18	Fosa del Golfo de California
4.3	Cordillera de Colima-Oaxaca	19	Plataforma continental
4.4	Montañas y altiplano de La Mixteca	20	Borderland
4.5	Sierras Orientales de Oaxaca	21	Plataforma continental
5	Montañas de Chiapas	22	Talud continental
5.1	Sierras y altiplano plegados del norte	23	Plataforma y talud continentales no diferenciados
5.2	Depresión central de Chiapas	24	Trinchera Mesoamericana
5.3	Montañas bloque cristalinas del Soconusco	25	Montes marinos de California
5.4	Planicie costera	26	Planicie abisal con lomeríos y montañas
6	Provincia sierras y valles	27	Planicie abisal inclinada con lomeríos y montañas
6.1	Planicies del norte	28	Margen occidental-montañas Los Matemáticos
6.2	Bolsón de Mapimí	29	Laderas y crestas
6.3	Llanuras y sierras volcánicas	30	Valle rift
6.4	Planicies y sierras de Durango	31	Planicie abisal nivelada
7	Mesa Central	32	Planicie abisal horizontal-ondulada
7.1	Planicies y montañas plegadas	33	De lomeríos
7.2	Planicies y sierras volcánicas	34	Cresta de Tehuantepec
7.3	Sierras plegadas y valles intermontanos	35	Plataforma continental
8	Cinturón Neovolcánico Transversal	36	Talud continental
8.1	Fosa de Tepic-Chapala	36.1	De inclinación débil a fuerte
8.2	Fosa de Zacoalco-Sayula	36.2	Con relieve accidentado-Cordillera Orduñez
8.3	Campo volcánico de Michoacán	36.3	De inclinación fuerte
8.4	Sierras volcánicas y planicies del Centro	36.4	Con relieve de lomeríos
8.5	Cuencas y estratovolcanes	36.5	Escarpado
8.6	Margen Oriental de piedemonte	36.6	Con alternancia de superficies de inclinación débil y fuerte
9	Sierras sepultadas de Sonora	37	Pie del continente
9.1	Desierto de Altar	38	Planicie abisal de la cuenca de Sigsbee
9.2	Planicie costera de Sonora	39	Margen continental submarina
9.3	Planicie y montañas residuales	40	Planicie abisal de la cuenca de Yucatán
10	Planicie del noreste		

Tabla No. 2. Provincias geomorfológicas para la República Mexicana
(Lugo y Córdoba, 1991) Ver Figura No. 7

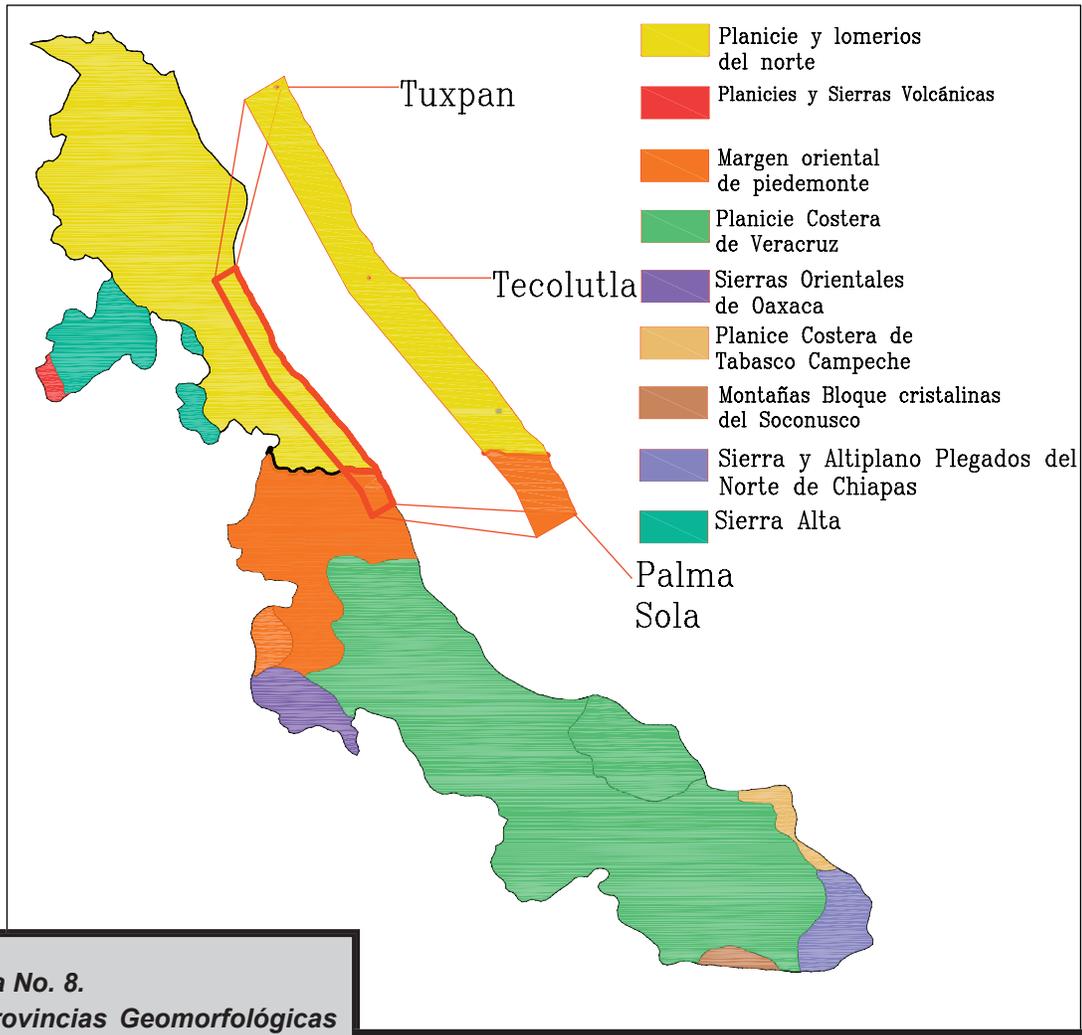


Figura No. 8.
Subprovincias Geomorfológicas para el Estado de Veracruz (Geisert, 1999).

Provincia Planicie Costera Del Golfo De México. Se extiende desde la margen oriental de la Sierra Madre Oriental, hasta el litoral del Golfo de México conforme a una franja paralela a la costa, desde el río Bravo hasta la zona de Nautla; viéndose interrumpida por las elevaciones que comprenden la Sierra Madre Oriental y el Cinturón Volcánico Transmexicano. Integra claramente una costa de emersión, como lo manifiesta: el dominio de materiales sedimentarios marinos (arcillas, arenas y conglomerados) cuya edad aumenta conforme su distancia se aleja de la costa, así que hay desde

materiales del Cuaternario, pasando por los del Plioceno, Mioceno, Eoceno y Paleoceno pertenecientes al Cenozoico, hasta el Cretácico en la proximidad de la Sierra Madre Oriental.

Subprovincia Planicies y Lomeríos del Norte. Se caracteriza por presentar lomeríos y planicies, que presentan rangos altitudinales que van desde el nivel del mar, en la zona de planicie baja hasta los 400 m en la zona de lomeríos. Gran parte de la zona de estudio queda incluida dentro de esta subprovincia, en terrenos de los municipios Martínez de la Torre, Tecolutla y Nautla, entre otros, en la que dominan llanuras fluviales, de inundación y con lagunas permanentes asociadas con lomeríos. Esta subprovincia se presenta en el área de estudio desde Nautla hacia el norte.

Provincia Cinturón Volcánico Transmexicano. Se caracteriza por ser una franja de rocas volcánicas de todos tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas.

La integran grandes sierras volcánicas, grandes coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto y depósitos de cenizas.

Subprovincia Margen Oriental de Piedemonte. Atraviesa la parte central del estado y alcanza la Costa del Golfo. Forma parte del Cinturón Neovolcánico Transversal y comprende a su vez varias regiones, que para este trabajo corresponde con la Sierra de Chiconquiaco, en donde se encuentran rocas ígneas del Mioceno al Reciente. Se presenta desde Nautla hacia el sur del área.

Tipos de relieve en el área

La región analizada se encuentra comprendida por elevaciones y zonas planas que se ven afectadas por diversos procesos de erosión: las corrientes fluviales, las cuales transportan el material erosionado hacia las desembocaduras de los ríos, o los deposita en zonas de inundación; los procesos eólicos que erosionan el material en las zonas bajas cambiando el relieve de forma constante y; la

remoción en masa, la cual es el objeto de este estudio, que se presenta principalmente en las zonas elevadas y en donde la pendiente del terreno o la litología cambian. Estos procesos de erosión producen las diversas geoformas en el área;. Con base en el carácter de estas formas dominantes se tiene una clasificación del relieve, la cual se ha dividido en: 1) Relieve Litológico, dentro del cual esta el Relieve Sedimentario, Relieve Ígneo y, 2) Relieve Genético, el cual esta comprendido por el Relieve Fluvial, Relieve Litoral y Relieve Eólico-Marino.

Relieve Sedimentario: Las rocas sedimentarias expuestas conforman un relieve montañoso, de laderas con pendientes fuertes a medias, que fluctúan entre 25° y 45°, modeladas por la disección fluvial. La máxima altura que presentan es de alrededor de los 650 m y están conformadas principalmente por lutitas y areniscas del Eoceno al Mioceno (formaciones Guayabal, Escolín, Tuxpan).

Otra de las características de este relieve es la presencia de pequeños lomeríos, hacia el norte del área, que cubren grandes zonas, presentan una altura promedio de 300 m, la cual decrece hacia la costa, con pendientes suaves a medias, entre 5° y 25°. La zona de mayor pendiente se encuentra restringida al extremo poniente y define un lineamiento con dirección NW-SE, delimitando a su vez la zona en donde se presenta la mayor cantidad de deslizamientos, los cuales están regidos efectos fluviales y gravitacionales. A partir de este mismo lineamiento se observa que la zona se extiende hacia la costa y controla la dirección de la corriente de los esteros Naranjos, Riachuelos y Bocas.

Relieve Ígneo: El relieve ígneo esta conformado básicamente de mesetas basálticas y algunas sierras dentro del área de estudio, donde se llegan a alcanzar alturas de 1,300 m, expuestas principalmente en el sureste de la zona. Estas sierras están constituidas de acumulaciones de lava andesítica y basáltica y de flujos piroclásticos, todos ellos modelados por la erosión fluvial.

Sobre el Cinturón Volcánico Transmexicano se tiene que la morfología se caracteriza por laderas volcánicas, las cuales son de baja altitud y con pendientes suaves formadas sobre rocas de toba. Se cuentan varios lomeríos de origen ígneo en la zona, modelados por los agentes fluviales. Las grandes mesetas en la zona son de origen basáltico, que presentan alturas desde 50 m a 500 m con pendientes terminales abruptas verticales; un comportamiento similar presentan los lahares que se encuentran por debajo de los 400 m y su expresión es heterogénea. Estas formas están caracterizadas por las unidades Colipa, Juchique y Santa Ana, de edad del Mio-Plioceno.

Relieve Fluvial: Este es uno de los relieves mejor caracterizados, en el cual se identificaron 22 cuencas; tres cuencas de quinto orden (Tuxpan, Tecolutla, Bobos), cuatro de cuarto orden (Cazones de Herrera, Misantla, Colipa y Juchique), todas estas cuencas se extienden hacia el occidente, saliendo del área de estudio.

Sus parteaguas tienden a seguir un rumbo general suroeste-noreste, terminando en las desembocaduras de lagunas o del Golfo de México, con una trayectoria irregular, conformando cuencas de tipo exorreico. Los ríos principales desembocan en el Golfo de México. Las terrazas definen la corriente actual y en algunos casos antiguas corrientes que han migrado cambiando transicionalmente a zonas de inundación. Las terrazas están conformadas por materiales conglomeráticos, lo cual habla de períodos de alta energía de las corrientes. Las terrazas más importantes se encuentran en los valles de los ríos Colipa, Misantla y Nautla.

Relieve Litoral: El relieve consiste en su mayor parte de una amplia faja de llanura costera generalmente llano y bajo, ahí desembocan varios ríos de importancia y se localizan cinco lagunas costeras; entre los estuarios hay uno que resalta: el Estero Tres Bocas, al noroeste de Nautla, el cual está esculpido por las corrientes fluviales y el oleaje de la costa, lo cual se manifiesta en el tipo de materiales y formas característicos: depósitos fluvio-lacustres de textura arcillosa-arenosa fina a

arenosa fina y media, y depósitos litorales arenosos, que constituyen playas alargadas y estrechas. Los contactos de transición en los enlaces fluvio-marinos que hay entre las islas de barrera y la porción continental en conexión con las planicies de inundación, lagunas, marismas y estuarios, son transicionales.

Las planicies de acumulación marina son de pequeñas dimensiones y están formadas por depósitos arenosos acumulados por la acción del oleaje, siendo las planicies más considerables las que se presentan entre Barra de Palmas y Barra Nueva al norte de Vega de Alatorre; la ubicada en la Barra San Agustín al sureste de Emilio Carranza; la que se localiza entre la Barra de Tuxpan y la Barra Cazonas de Herrera y la que esta entre el poblado Tres Hermanos y Barra Boca de Chancla. Las planicies de acumulación fluvial se forman principalmente por la presencia de aluviones; como ejemplo se tiene el que está cercano a Nautla.

Las costas son de tipo acumulativo de playas bajas arenosas con exposición abierta al mar, formadas a partir de barreras con campos de dunas y cordones de playas antiguas, separadas del continente por marismas y esteros estrechos con disposición paralela a la línea de costa.

Relieve eólico-marino: Existen tres tipos de régimen de oleaje que tienen lugar en el Golfo de México y Mar Caribe:

- 1) Olas y marejadas de tormenta asociadas a ciclones tropicales.
- 2) Olas y marejadas de tormenta asociadas a frentes fríos conocidos como Nortes y,
- 3) Olas y marejadas generadas dentro del límite del *flysch* (depósito sedimentario caracterizado por la alternancia de estratos de materiales duros y blandos y partículas de grosor diferente) de la superficie del Golfo.

Los procesos anteriores son controlados por los vientos, lo cual provoca el movimiento de arenas en los campos de dunas con una orientación norte a sur, progradando a las lagunas costeras situadas a sotavento y presentando numerosas depresiones u hondonadas deflasivas y recubrimientos delgados de arena provenientes de una remoción eólica in situ (Ortiz y Méndez, 2000). La zona de dunas ocupa un área total de 3.56 Km² y se identificaron dos grandes campos de dunas costeras activas: 1) Dunas el Rocío con un superficie de 500 m² y 2) Barra Rancho Nuevo con 2.62 Km². Existen evidencias de dunas antiguas que actualmente están cubiertas por cultivos y pastizales.

ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS QUE PRESENTAN REMOCIÓN EN MASA

Los procesos de remoción en masa afectan muchas zonas, en algunos casos los procesos pueden ser de poco volumen, mientras que en otros son de volumen considerable; éstos últimos son los que pueden ser más catastróficos para las poblaciones, de ahí la importancia de ubicar las zonas en donde se presentan los procesos de remoción en masa.

Para aclarar las confusiones en el uso de los términos *landslides* y deslizamientos del terreno Alcántara-Ayala (2000) hace una revisión de los conceptos relativos a los procesos de remoción en masa y de dicha revisión se resaltan las siguientes ideas: *Según Penck (1894) los movimientos son aquellos originados bajo la influencia de la gravedad y sin el empleo de transporte alguno, en contraste con el término de transporte en masa (mass transport), el cual es considerado como el material transportado por agentes como el agua, el aire y el hielo. Los movimientos de terreno, landslide en inglés, son definidos por Sharpe (1938) como los movimientos perceptibles ladera abajo de una masa relativamente seca de tierra, roca o de una mezcla de ambas, a través de un mecanismo de deslizamiento o desprendimiento, mientras que para Terzaghi (1950), los define como desplazamientos rápidos de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior; otra definición es dada por Skempton y Hutchinson (1969), en la cual se explica que el landslide es un movimiento de masas de suelo o roca que se presentan en las laderas, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada”.*

Los procesos de remoción en masa tienen su origen en la combinación de uno o más de los factores, los cuales son: a) las características y condiciones geológicas del terreno; b) los procesos de tipo geomorfológico; c) los procesos de origen físico y químico y; d) los procesos de origen humano. Con base en la forma en que ocurren estos, se pueden distinguir los factores antecedentes y los factores iniciadores. (Herrera-Castañeda, 2002)

Los factores antecedentes hacen susceptible a una ladera al deslizamiento, reduciendo el grado de seguridad, mientras que los factores detonadores dan inicio al movimiento. Para establecer el grado de estabilidad de una ladera es conveniente considerar tres grados de equilibrio: Estable, Estabilidad marginal e Inestabilidad. (Herrera-Castañeda, 2002)

- a) Las características y condiciones geológicas del terreno. Son las condiciones de la roca o suelo, sobre los cuales se pueden presentar los procesos para preparar o iniciar un deslizamiento. (Brunsden, 1979). Estas son antecedentes.
- b) Procesos geomorfológicos. Son los procesos que actúan en el modelado de la corteza terrestre y que a través del tiempo producen cambios en el estado de equilibrio de las laderas. Estos procesos pueden ser antecedentes o detonadores. (Herrera-Castañeda, 2002)
- c) Procesos físicos y químicos. Son los procesos que inducen condiciones desfavorables en el equilibrio mediante el incremento de los esfuerzos actuantes en el terreno. El clima y la sismicidad son los principales procesos. Estos pueden ser antecedentes o detonadores. (Herrera-Castañeda, 2002)
- d) Procesos humanos. Son las actividades del ser humano que afectan las condiciones naturales de estabilidad de una ladera, estos pueden ser antecedentes o detonadores. (Herrera-Castañeda, 2002)

El clima es el principal causante del intemperismo de las rocas que trae como consecuencia la formación de suelos residuales y proporciona los elementos para que actúen los agentes de la erosión. El clima que se presenta en el área (cálido húmedo) favorece la alteración de las rocas. La producción de suelos residuales es mayor en extensión y espesor debido a la constante humedad que prevalece en el ambiente; además, en el caso de lluvia prolongada se produce un incremento en la presión de poro que reduce los esfuerzos resistentes efectivos decreciendo el factor de seguridad del terreno. La erosión fluvial es un factor en la generación de movimientos. (Herrera-Castañeda, 2002)

Definiciones de los procesos de remoción en masa

Alcántara-Ayala (2000) cita al Programa de la Comunidad Europea (EPOCH siglas en inglés) (1993), el cual propone la siguiente clasificación de los movimientos del terreno:

- a) *Desprendimientos o caídos.* Son movimientos en caída libre de distintos materiales tales como rocas, detritos o suelos. Este tipo de movimiento se origina por el desprendimiento del material de una superficie inclinada, el cual puede rebotar, rodar, deslizarse o fluir ladera abajo posteriormente. La velocidad de estos eventos puede ser rápida o extremadamente rápida. Estos movimientos ocurren en laderas fuertemente inclinadas.
- b) *Vuelcos o desplomes.* El cual consiste en la rotación de una masa de suelo, detritos o roca en torno a un eje o pivote. Su movimiento es hacia delante o hacia la parte externa, pero sin implicar un colapso de los materiales.
- c) *Deslizamientos.* Son movimientos de una masa de suelo, detritos o roca, sobre una superficie de ruptura; la superficie de ruptura define el tipo de deslizamiento (curvas, cóncavas o en forma de cuchara se asocian a deslizamientos rotacionales; las semiplanas u onduladas a los movimientos de cuña y; las planas a deslizamientos planos). La velocidad y extensión de es-

tos movimientos es muy variable y, con base en el movimiento pueden ser: simples, múltiples y sucesivos.

d) *Flujos*. Son movimientos continuos, en los que las superficies de cizalla son muy próximas, de poca duración y difíciles de observar. El movimiento de los flujos es muy parecido al de un fluido viscoso, por lo que la velocidad no es constante.

e) *Extensión lateral*. Son resultado de la fracturación y expansión de suelos o masas de roca compactos, debido a la licuefacción del material subyacente, ocurren cuando materiales gruesos están inmersos en una matriz de material más fino o contienen arcillas.

f) *Movimiento complejo*. Es una combinación de dos o más procesos de remoción en masa.

Zonificación de los procesos de remoción en masa en la zona

Del análisis del material cartográfico se reconoció que los procesos de remoción en masa ocurren en cualquier litología y en cualquier pendiente, por lo que no se pueden asociar a una litología o pendiente específica. Los procesos de remoción en masa se asocian a la resistencia a la erosión por parte de las distintas litologías y, en muchos casos se asocian a los contactos entre estas, como ejemplo entre las formaciones Tecolutla y Tuxpan con las facies de la Unidad Tuxpan (Superior e Inferior) y entre esta y la Formación Escolín; el contacto entre la Formación Tuxpan y la Formación Juchique también presenta esta característica al suroeste de Nautla. Así mismo, se asocia a los procesos de remoción en masa a cambios en las propiedades de resistencia de las unidades litológicas, como por ejemplo un segundo lapso eruptivo de la denominada Unidad Colipa, en la cual, hay una erosión diferenciada en ciertos lugares, originando los procesos de remoción en masa.

Con base en la cartografía previa del área (Facultad de Ingeniería, 2002 y 2003) se localizan depósitos de talud, los cuales se ubicaron y son considerados para este estudio, de tal forma que se clasificaron en alguno de los seis rubros propuestos para este estudio.

La clasificación de los procesos de remoción en masa reconocidos se realizó con base en las litologías, las formas topográficas, los depósitos de los procesos y las características visuales observadas en las fotografías aéreas usando como base la clasificación de EPOCH (1999), ya que en estas se pueden apreciar los movimientos que se presentan en el área.

En el anexo cartográfico se presenta, por una parte, el mapa geológico con las áreas afectadas por los procesos de remoción en masa, en el cual los depósitos de talud mantuvieron su simbología original, mientras que por el otro lado, se presenta la zonificación de los procesos de remoción en masa de acuerdo con la clasificación propuesta por EPOCH (1993).

Considerando las características de los movimientos y la clasificación propuesta se tienen los siguientes resultados:

Los procesos de remoción en masa se presentan en las zonas altas, aumentando su cantidad en los lugares donde hay problemas de deforestación, como se aprecia en las fotografías aéreas, en época de lluvias la intensidad de la erosión es mayor, mientras que los vientos fuertes acarrearán agua y partículas sólidas que al contacto con las unidades litológicas corroe la roca. En las zonas bajas por el contrario, no se presentan los procesos de remoción en masa, debido a que los materiales que están en estas zonas son materiales recientes y no consolidados siendo afectados en todo momento por las corrientes fluviales y el viento.

Desprendimientos. Los desprendimientos predominan en la parte sur del área, (de Vega de Alatorre a Palma Sola) mientras que al norte (cerca de Tuxpan, Cazones de Herrera de Herrera) y al centro (en las cercanías de Tecolutla) tienen baja presencia, como se puede apreciar en el mapa. Se asocian a zonas de cambios de pendientes, de medias a fuertes, además de que se presentan en los contactos entre litologías con resistencias diferentes a la erosión, con lo que se produce el

desprendimiento de las rocas resistentes (principalmente ígneas) ya que se forma un socavamiento en las unidades que están subyaciendo a las rocas con un alto grado de dureza. Están localizadas en las unidades: Formación Tuxpan, Basalto Poza Rica, Toba Los Faisanes, Formación Escolin, Depósitos de Talud, Unidad Colipa, Basalto Santa Ana, Formación Guayabal, Unidad Juchique y Lavas Chiconquiaco.

Vuelcos. En algunas zonas bajas, labradas por la erosión fluvial se reconocieron algunos procesos clasificados como vuelcos, los cuales se presentan sobre las unidades volcánicas al sur del área, en las cercanías de Villa Emilio Carranza y Palma Sola (ver mapa anexo). Estos se caracterizan por el movimiento de los materiales que no afectan grandes áreas (comparándolas con los otros procesos). Se presentan en unidades ígneas como: Unidad Juchique, Lavas Chiconquiaco y Unidad Colipa.

Deslizamientos. Los deslizamientos se presentan en pocos lugares (en el Norte, entre Plan de Ayala y Tecolutla en la parte occidental del área, y en el Sur, hacia el poblado de Palma Sola), éstos se asocian a la erosión fluvial de litologías suaves (lutitas), es decir, que se erosionan fácilmente creando planos de ruptura en la unidad lítica (areniscas al Norte y lahares al Sur); también se presenta en litologías ígneas que tienen relieve parecido a los domos, tienen forma de cúpulas, ver anexo. Afectan a las unidades: Formación Tuxpan, Unidad Juchique, Basalto Santa Ana, Intrusito Espaldilla, Unidad Juchique, Riolita El Oro y la Unidad Colipa.

Flujos. Hacia Cazones de Herrera y Nautla se presentan flujos y, entre estos poblados también se presenta este tipo de procesos, pero en dimensiones de cubrimiento más modestas; estos movimientos se presentan por la presencia de agua en las litologías porosas (principalmente areniscas) aunado con factores como la baja pendiente y las superficies de cizalla producida por fracturas que ocurren en las unidades de areniscas, haciendo que el movimiento sea en forma de flujos. Los flujos

afectan a: la Formación Tuxpan, el Conglomerado Gutierrez Zamora, Formación Escolín, Toba Los Faisanes, Unidad Juchique, Unidad Colipa y Lavas Chiconquiaco.

Extensión lateral. Las extensiones laterales predominan en la parte norte del área (entre Tuxpan y Cazonas de Herrera de Herrera) tendiendo muy pocas hacia el centro (entre Nautla y Tecolutla) y sur (en las cercanías de Palma Sola) del terreno estudiado. Estas se presentan en las zonas bajas, con relieve casi plano, pendientes muy suaves; con excepción de la zona sur. Afectan a las unidades: Formación Escolin, Formación Tuxpan, Basalto Poza Rica, Conglomerado Poza Rica, Toba Los Faisanes, Depósitos de Terrazas, Basalto San Rafael, Lavas Chiconquiaco, Unidad Colipa y Unidad Juchique.

Movimientos complejos. Los movimientos complejos se presentan principalmente en los contactos litológicos, extendiéndose en algunos casos hacia las partes bajas de las estructuras topográficas (como los que están entre Cazonas de Herrera de Herrera y Tecolutla y entre Villa Emilio Carranza y Palma Sola), presentan pendientes fuertes y están ubicadas hacia zonas altas. Debido a la altura en la que se presentan y las pendientes que se tienen, además de las características litológicas se tiene la combinación de dos o más procesos (flujos, vuelcos, deslizamientos, etc.). Las combinaciones mas comunes implicaban deslizamientos con flujos en el sur del poblado Plan de Ayala, y la cual se extiende 8 Km. hacia el sursureste. Al oeste de Cazonas de Herrera se presenta un movimiento complejo que es la combinación de flujos con extensiones laterales. Al sur se presentan pequeñas zonas en donde hay desprendimientos con vuelcos. Se presentan en las unidades estratigráficas: Formación Tuxpan, Basalto Poza Rica, Formación Escolín, Lavas Chiconquiaco, Unidad Colipa, Unidad Juchique y la Riolita El Oro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se elaboró un mapa de zonificación de los procesos de remoción en masa que se presentan entre Tuxpan y Palma Sola.

Para caracterizar los fenómenos de remoción se utilizó la propuesta del programa EPOCH (1993) con la nomenclatura de Alcántara-Ayala (2000).

De los movimientos de terreno analizados por el programa EPOCH (1993) se identificaron las extensiones laterales, las cuales son movimientos hacia los lados de un volumen de material; los flujos, que es cuando el material, debido a la cantidad de agua, se mueve como un fluido viscoso; los deslizamientos, los cuales son movimientos en planos de ruptura de material reblandecido; los desprendimientos, los cuales son cuando el material cae desde zonas altas; los vuelcos, que es cuando el material rota y cae, pero no se colapsa y; los movimientos complejos, los cuales son una combinación de dos o más de los procesos anteriormente descritos.

En la cercanía de la línea de costa no se presentan los procesos debido a que son materiales recientes y no consolidados, además de que no presentan pendientes muy abruptas, salvo las zonas de dunas que cambian constantemente.

Los fenómenos meteorológicos en el área aceleran los procesos de remoción en masa, puesto que se presentan lluvias, con las cuales se erosionan rápidamente las zonas de debilidad. Otro estimulante de los procesos es la deforestación de la zona, la cual produce la desertificación del suelo,

que trae como consecuencia un ritmo de erosión intenso.

La zonificación de los procesos de remoción en masa que se presenta contribuye a la identificación de áreas de riesgo, las cuales se pueden valorar mediante la realización de estudios de estabilidad de taludes y pruebas de mecánicas de suelos y de rocas sobre todo en zonas urbanas y de caminos.

La información generada se puede integrar a un mapa de riesgos de la zona. Además sirve para establecer posibles zonas de urbanización en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Alcántara-Ayala, I. (2000), ***Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología***, en Investigaciones Geográficas, Boletín 41, Instituto de Geografía, U. N. A. M, México, pp. 7-25.

Aparicio-Myares, F. J. (1999), **Fundamentos de hidrología de superficie**, Editorial Limusa Noriega, México, pp. 128.

Carreón Freyre, D. C. (1990), ***Caracterización geotécnica de la planicie costera del Golfo de México entre Tuxpan y Veracruz***, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, México, 76 p.

EPOCH (European Community Programme), (1993), ***Temporal occurrence and forecasting of landslides in the European Community***, Flageollet, 3 volumes, Contract no. 90 0025. Citado por Alcántara-Ayala (2000).

Facultad de Ingeniería U. N. A. M (2002), ***Informe Final Estudio Geológico Barra de Nautla***. Convenio PEP-UNAM SRN N° 01/2002. Inédito, 176 p.

Facultad de Ingeniería U. N. A. M (2003), ***Informe Final Estudio Geológico Barra de Cazonas***, Convenio PEP-UNAM SRN 414103890. Inédito, 165 p.

Geissert-Kientz, D. (1999), ***Regionalización geomorfológico del estado de Veracruz***, en Investigaciones Geográficas, Boletín 40, Instituto de Geografía, U. N. A. M, México, pp. 23-47.

Guía Roji, (2003). **Atlas de carreteras**, 202 p.

Herrera-Castañeda, S. (2002), **Regionalización de los deslizamientos en México**, en XXI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Santiago de Qro., Qro., Geoingeniería XXI: Retos y oportunidades del nuevo siglo, Vol. 2, Sociedad Mexicana de Mecánica de Rocas, pp. 511.

López-Ramos, E. (1956). **Visita a las localidades tipo de las formaciones del Eoceno, Oligoceno y Mioceno de la Cuenca de Tampico Misantla, en la Llanura Costera del Golfo de México, entre Poza Rica, Ver., Tampico, Tamps., y Cd. Valles, S. L. P.** Congreso Geológico Internacional, Vigésima Sesión. Excursión C-16

Lugo-Hubp, J. y Córdova, C. (1992), **Regionalización Geomorfológica de la República Mexicana**, Boletín 25, Instituto de Geografía, U. N. A. M México, pp. 25-63.

Negendak, J. F. W., Emmermann, R., Krawczyk, R., Mooser, F, Tobschall, H. y Werle, D., (1985), **Geological and Geochemical Investigations on the Eastern Transmexican Volcanic Belt**, Geofísica Internacional Vol 24-4, pp 477-575.

Mooser, F. and Soto, S., (1980). **Geology of Laguna Verde**, Vol. I-III. Comisión Federal de Electricidad, México, D.F.

Negendank, J.F.W., Emmermann, R., Krawczyk, R., Mooser, F., Tobschall, H. and Werle, D., 1985. **Geological and Geochemical Investigations on the Eastern Transmexican Volcanic Belt** Geofísica Internacional Vol 24-4, pp 477-575.

Estudio de los procesos de remoción en masa entre Tuxpan y Palma Sola, Ver. 📖 Arturo R. Rojo Contreras
Tesis de licenciatura

Ortiz Pérez, M A. y Méndez Linares, A. P. 2000. **Componentes Naturales y de uso del Suelo Vulnerables a la Variaciones del Nivel del Mar en la Costa Atlántica de México.** Investigaciones Geográficas. Boletín del instituto de Geografía No. 41. pp. 46-61.

Penck, A. (1894), **Morphologie der Erdoberfläche**, 2 vols., 471 y 696. Citado por Alcántara-Ayala (2000).

Renton, J. J. (1994), **Physical Geology**, West Publishing Company, U. S. A., 607 p.

Sharpe C., F. S. (1938), **Landslides and related phenomena**, Columbia University Press, New York.. Citado por Alcántara-Ayala (2000).

Skempton, A. W. y J. N. Hutchinson (1969), **Stability of natural slopes and embankment foundations**, Proceedings of the Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, State of Art Volume, México, pp. 291-340. Citado por Alcántara-Ayala (2000)

Terzaghi, K. (1950), **Mechanisms of landslides**, Geol. Soc. Am, Berkeley Volume, México, pp. 83-123. Citado por Alcántara-Ayala (2000)

Torres-Estrada, C. 2001. **Estudio Bioestratigráfico Final Pozo Lankahuasa-1**, Informe interno Activo de Exploración Misantla-Golfo de México. (Inédito) 20 p.,

Verwiebe, W. A. 1924. **The Stratigraphy of the Petroliferous Area of Eastern Mexico.** American Jour. Sci.,. 5th. Ser., 8:27 385, 481-502.

Zonificación de la remoción de masa entre Tuxpan y Palma Sola, Ver.

(de acuerdo a la clasificación del programa EPOCH, 1993)

LEYENDA

- Desprendimientos
- Vuelcos
- Deslizamientos
- Flujos
- Expansión Lateral
- Movimientos complejos

SIMBOLOGÍA

TOPOGRÁFICA

- Curvas de nivel
- Carreteras
- Brechas
- Veredas
- Poblad. Importantes
- Poblad. Mayores
- Poblad. Menores

Sistema de proyección Universal Transverso de Mercator
 Sistema de referencia ITRF92
 Cuadrícula Cada 5000 m
 Huso 14
 Elipsoide GRS 80

Mapa Geológico y áreas afectadas por la remoción en masa

Tomado de Barra de Nautla (2001) y Barra de Cazones (2002)

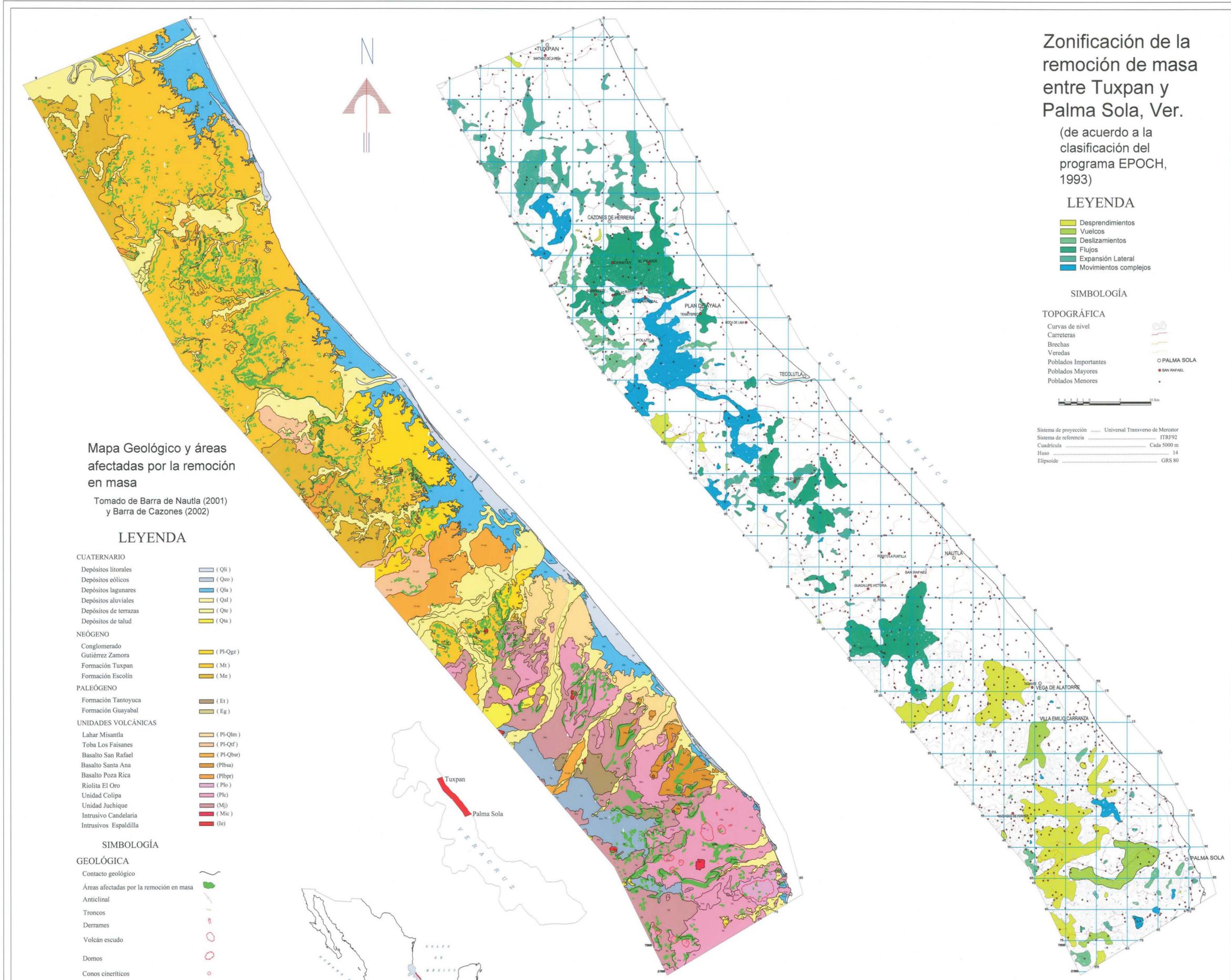
LEYENDA

- CUATERNARIO**
- Depósitos litorales (Qli)
 - Depósitos eólicos (Qeo)
 - Depósitos lagunares (Qla)
 - Depósitos aluviales (Qal)
 - Depósitos de terrazas (Qte)
 - Depósitos de talud (Qta)
- NEÓGENO**
- Conglomerado (Pl-Qgz)
 - Gutiérrez Zamora (Mt)
 - Formación Tuxpan (Me)
 - Formación Escolin (Me)
- PALEÓGENO**
- Formación Tantoyuca (Et)
 - Formación Guayabal (Eg)
- UNIDADES VOLCÁNICAS**
- Lahar Misantla (Pl-Qlm)
 - Toba Los Faisanes (Pl-Qlf)
 - Basalto San Rafael (Pl-Qbsr)
 - Basalto Santa Ana (Plbsa)
 - Basalto Poza Rica (Plbpr)
 - Riolita El Oro (Plo)
 - Unidad Colipa (Plic)
 - Unidad Juchique (Mj)
 - Intrusivo Candelaria (Mic)
 - Intrusivos Espaldilla (Ie)

SIMBOLOGÍA

- GEOLÓGICA**
- Contacto geológico
 - Áreas afectadas por la remoción en masa
 - Anticlinal
 - Troncos
 - Derrames
 - Volcán escudo
 - Domos
 - Conos cineríticos

Sistema de proyección Universal Transverso de Mercator
 Sistema de referencia ITRF92
 Cuadrícula Cada 5000 m
 Huso 14
 Elipsoide GRS 80



U. N. A. M.	Facultad de Ingeniería
Rojo Contreras Arturo Ricardo	
Estudio de los procesos de remoción de masa entre Tuxpan y Palma Sola, Ver.	
Escala 1:250,000	Tesis Profesional